インテリジェントサーボコントローラ

I-SAC MX2

取扱説明書

目次

図表目次

1　安全上のご注意

1.1　はじめに

I-SAC MX2 サーボコントローラは、一般産業機器にご使用いただく目的で作られています。したがいまして、下記の点にご留意いただきますようお願いいたします。

- 設置、組み付けおよびご使用の前に必ず本書をよくお読みいただき、正しくご使用ください。
- 製品の改造や加工を行わないで下さい。

1.2　絵表示

次の５種類があります。

記号の種類	記号	
危険を示す絵表示	危険、怪我	感電
注意を促す絵表示	注意	発火
行為を禁止する絵表示	禁止	

表 1-1 絵表示

2　お使いになる前に

2.1　使用上の注意

ご使用時には、次の点に注意してください。

1. 本製品を取り付ける際には、衝撃を与えないで下さい。故障の原因となります。
2. 電源は必ず仕様範囲内のものをご使用ください。
3. 本製品が故障して出力が不定となった場合、システムが安全側にはたらくように設計を行うか、安全回路を設けてください。
4. ケーブルおよび電源等の異常や、振動/ノイズ等により本製品の出力が不定となった場合に供え、システムが安全側にはたらくように設計を行うか、安全回路を設けてください。

2.2　型式

I-SAC MX2 - □□□/ □□□　-　□
　　　　　①②③　④⑤⑥　　⑦

①②③はCH1の仕様を、④⑤⑥はCH2の仕様を示します。

① CH1指令信号ソース
② CH1フィードバック信号ソース
④ CH2指令信号ソース
⑤ CH2 フィードバック信号ソース

V: アナログ電圧入力(± 10V MAX)
I: アナログ電流入力(± 20mA MAX)
D: ディジタル差動ドライバ入力
O: ディジタルオープンコレクタ入力

③ CH1出力信号タイプ
⑥ CH2出力信号タイプ

V: 電圧出力 (±10[V] MAX)
I: 電流出力 (±50[mA] MAX)

⑦　形状
空白: ボックス型 (標準)
その他 :　オプション

例: I-SAC MX2 - VIV / DOI
CH1 : 指令信号 ⇒ アナログ電圧
フィードバック信号 ⇒ アナログ電流
制御出力 ⇒電圧出力
CH2 : 指令信号 ⇒ ディジタル差動ドライバ
フィードバック信号 ⇒　ディジタルオープンコレクタ
制御出力 ⇒ 電流出力

2.3　本取扱説明書内の記述について

本取扱説明書内の記述においては、以下のような表現を用います。

◆ 「」つきの文字は I-SAC のパラメータおよび入出力信号名を示します。

◆ “”で囲まれた文字は取扱説明書の、別の項目を示しています。

3 概要

3.1 全体システム構成

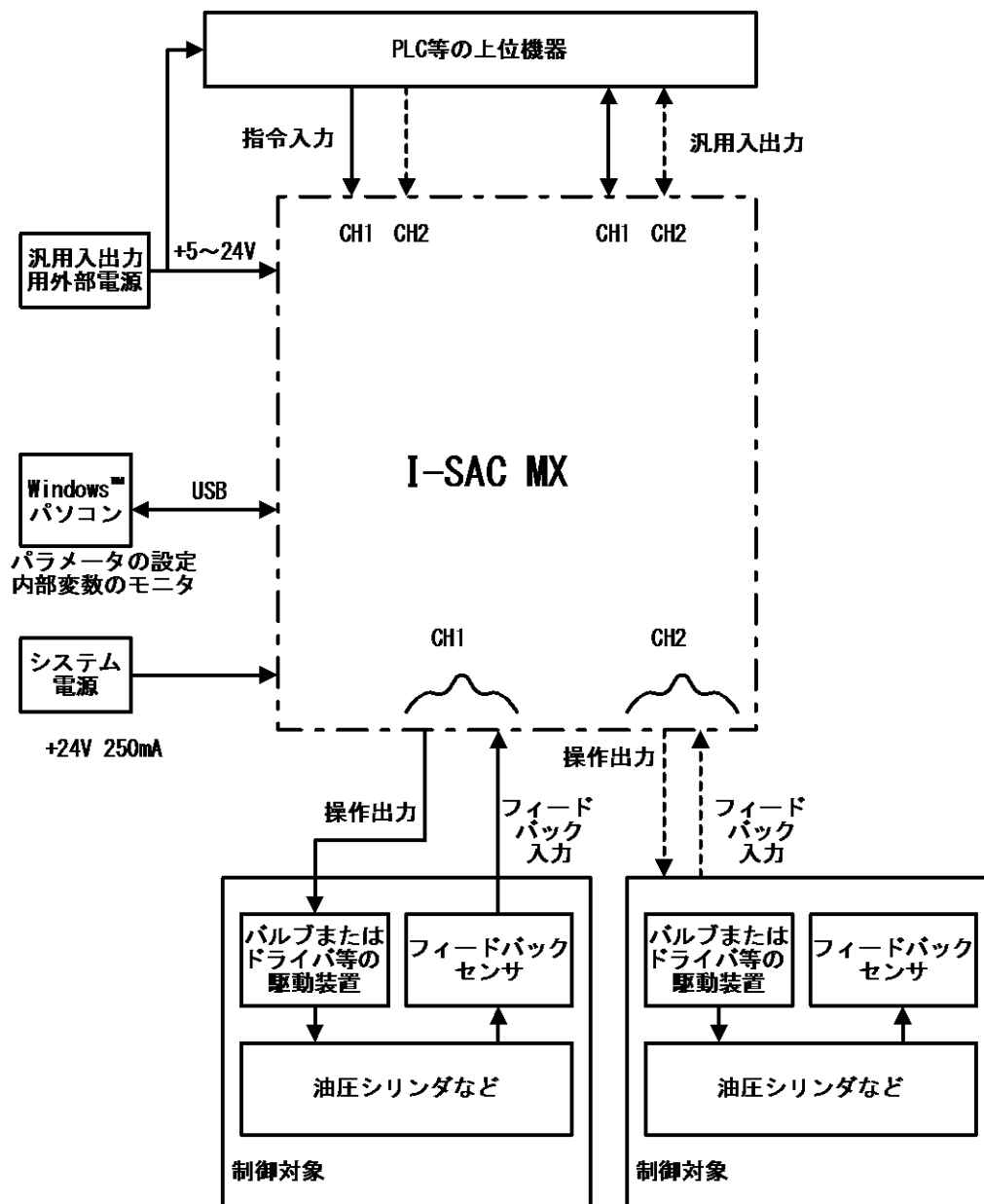



図 3-1 システム構成例

3.2　内部ブロック図

I-SAC MX2 のブロック図を以下に示します。

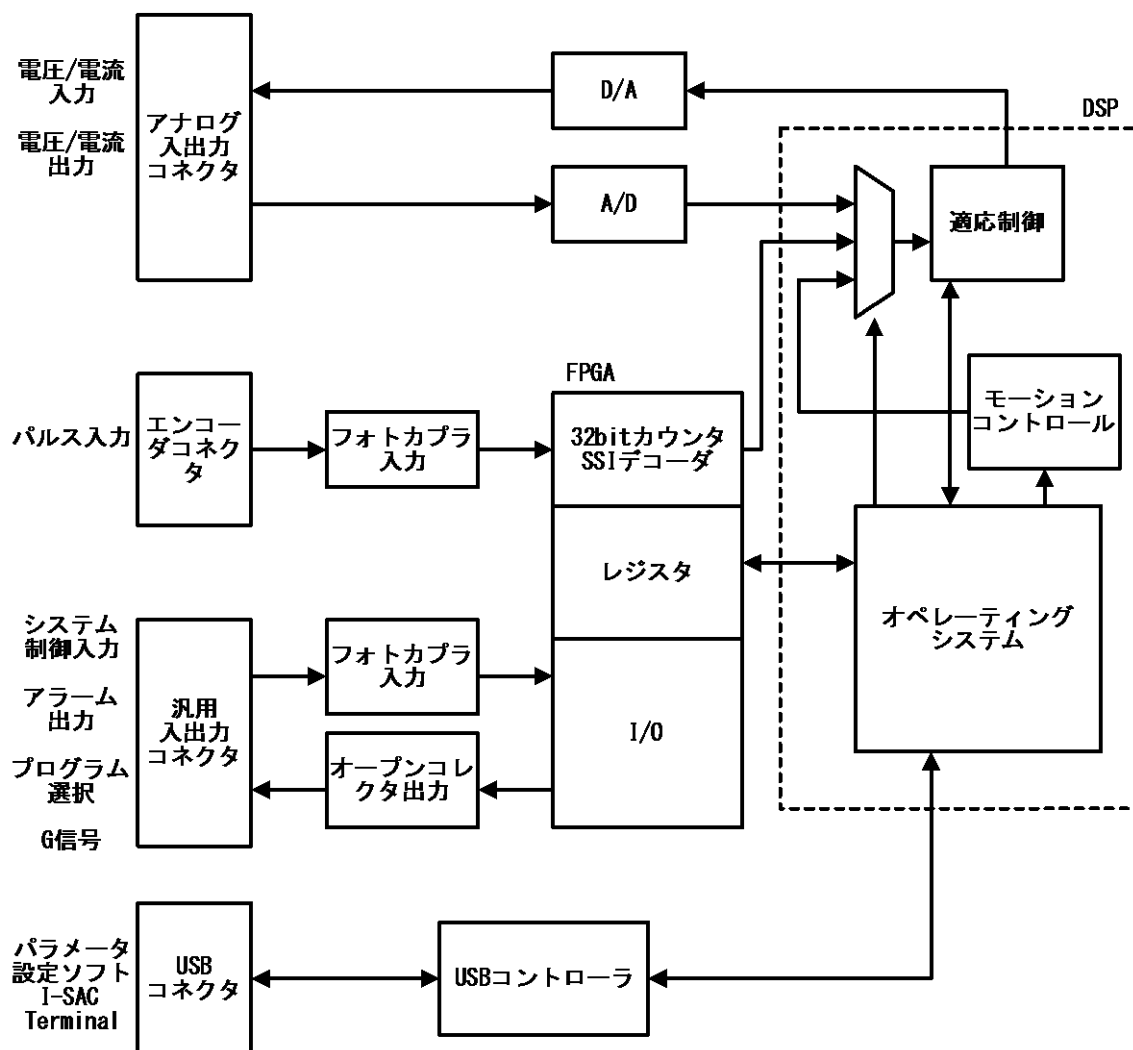



図 3-2 I-SAC MX2 内部ブロック図

3.3 機能説明

- 制御対象を選ばない汎用ディジタルサーボコントローラ
  さまざまな物理量（位置、圧力、荷重、流量、温度）に対して制御することができます。
- 単純適応制御（SAC）を用いた高性能制御
  従来のPID制御を超えた制御性能を発揮し、高速応答かつ安定なサーボを提供します。SACは日本においては熊本大学の岩井教授らによって具体的な実現について研究が進められ、サンテストが唯一この理論を基に汎用コントローラとして製品化を実現しました。同理論の主な特徴はコントローラにPFCと呼ばれるバイパス回路を内蔵しPFCと制御対象の和（拡張された制御対象）をフィードバックすることで、従来のPID制御では得られなかった安定性と応答性を両立させることができる特徴があります。
  I-SAC MX2 ではこの単純適応制御に関する難しい理論を意識することなく制御パフォーマンスが得られるように設計されています。
  ※パラメータ変更により、PIコントローラとしても動作できます。
- 指令/フィードバックはアナログ/エンコーダから選択
  指令/フィードバックはアナログ電圧/電流あるいはエンコーダパルス（CW/CCW, A/B相, フィードパルス/符号）から取得でき、それぞれのスケーリングをすることができます。A/D変換およびD/A変換精度は16bit（0.3[mV]/bit）の高精度分解能を誇り、制御演算は2チャンネルを5k[Hz]のサンプリングで演算します。
- 専用ターミナルソフト「I-SAC Terminal」を使ってPCからパラメータ設定
  付属のターミナルソフト「I-SAC Terminal」を使って制御パラメータを設定します。
- 現在の入出力信号とアラーム状況をモニタリング
  I-SAC MX2 内部に取り込まれた指令/フィードバック/操作出力と汎用入出力信号の状態を「I-SAC Terminal」にオンラインで表示できます。また，内部状態は「I-SAC Terminal」から操作することができ、上位機器との配線接続の確認に効果的です。また、アラームが発生したときにはその原因を表示することができます。
- モーションプログラム、波形出力機能
  「I-SAC Terminal」を利用して予め動作プロファイルをI-SAC MX2に設定し、自動的にそのプロファイルにしたがって制御を行わせることができます。
- 各種汎用入出力信号
  サーボON/OFFやアラームリセットなどの入力信号や偏差異常、インポジション出力などの豊富な入出力を備えていますのでPLCなどの上位機器との接続が容易です。
- オンラインスタビリティモニタ搭載
  システムの異常により発振状態になりそうになったら、自動的にフィードバック制御を停止する安全機構OSM(Online Stability Monitor)を備えています。
- 1台で二軸独立制御，軸切り替えも可能
  「他軸切り替え」入力により、チャンネル同士の操作出力を切り替えることができます。これによりはじめに位置決め制御を行い途中から圧力制御を行うなどのアプリケーションにも柔軟に対応します。

3.4　各部名称

① 電源コネクタ
② CH1 アナログ入出力コネクタ
③ CH2 アナログ入出力コネクタ
④ CH1 汎用入出力コネクタ
⑤ CH2 汎用入出力コネクタ
⑥ エンコーダコネクタ
⑦ USB コネクタ(A タイプ)
⑧ 電源 LED
⑨ CH1 出力ヌル微調整トリマ
CW に回すと CH1 の出力オフセットが増加します。
※工場出荷時にヌル点調整済みです。
⑩ CH2 出力ヌル微調整トリマ
CW に回すと CH2 の出力オフセットが増加します。
※工場出荷時にヌル点調整済みです。

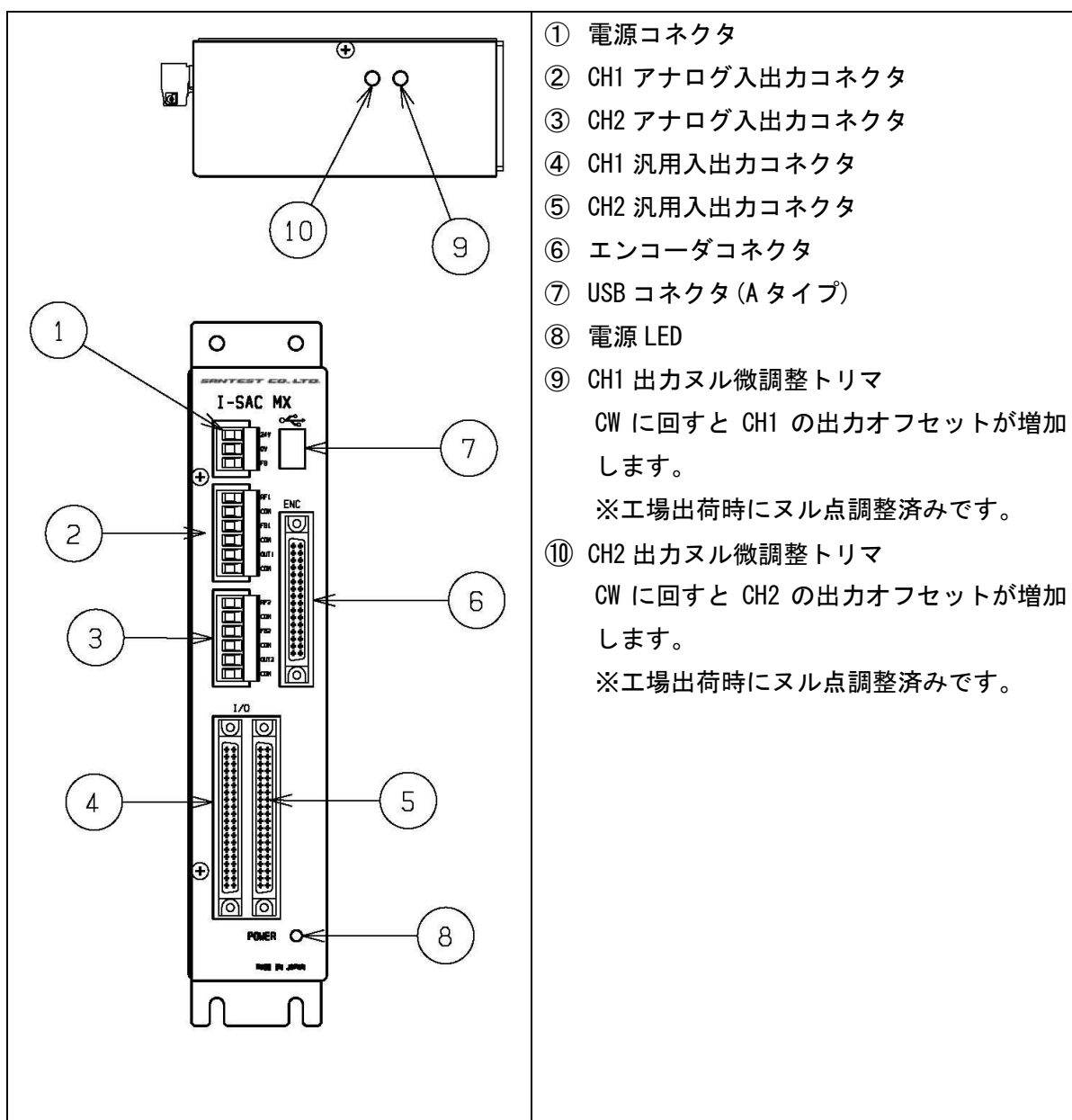



図 3-3 I-SAC MX2 各部名称

4 取り付け

4.1 取り付け場所

I-SAC MX2 は，次の項目を考慮して取り付けて下さい。

記号	項目	注意事項
注意 発火	一般的な注意	● 可燃物あるいは可燃物の近くへの取り付けは、火災の原因となりますのでお止めください。 ● 製品の上には何も乗せないでください。 ● 仕様に記載の環境範囲内で使用してください。 ● 製品内にネジや金属片などの導電性物質および可燃物が進入しないようにしてください。 ● 損傷しているものは設置/運転を行わずに当社へ返却し修理を依頼してください。
注意	配電ボックス収納時	● 配電ボックス内温度は製品の電力損失により外気温度より高くなることがあります。配電ボックスの大きさ/配置を考慮して必ず製品周囲温度が 55℃以下になるようにしてください。
禁止	雰囲気	● 腐食性ガス/爆発性ガス/可燃ガスのある場合では絶対に使用しないでください。
禁止	粉塵やオイルミスト	● 粉塵やオイルミストのある場所には設置しないでください。
感電	ノイズ発生源	● 入力信号/電源信号に誘導ノイズが加わると誤動作を起こす恐れがあります。ノイズ発生源が近くにある場合には、配線の取り廻しの検討、ノイズフィルタの設置などの処置を行ってください。

表 4-1 取り付け場所に関する諸注意

4.2　取り付け方法

- 取り付け穴寸法

  製品の取り付け穴寸法は下記のようにしてください。

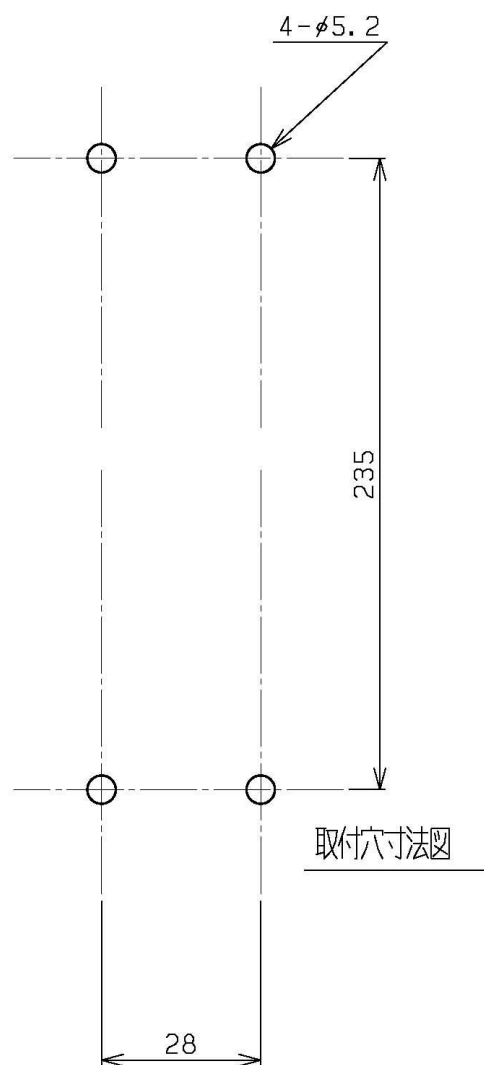



図 4-1 取り付け穴寸法

● 取り付け方法と取り付け箇所

製品は図のように縦向きに取り付けて下さい。製品の上下左右に少なくとも 20㎜ 以上の間隔を空けてください。

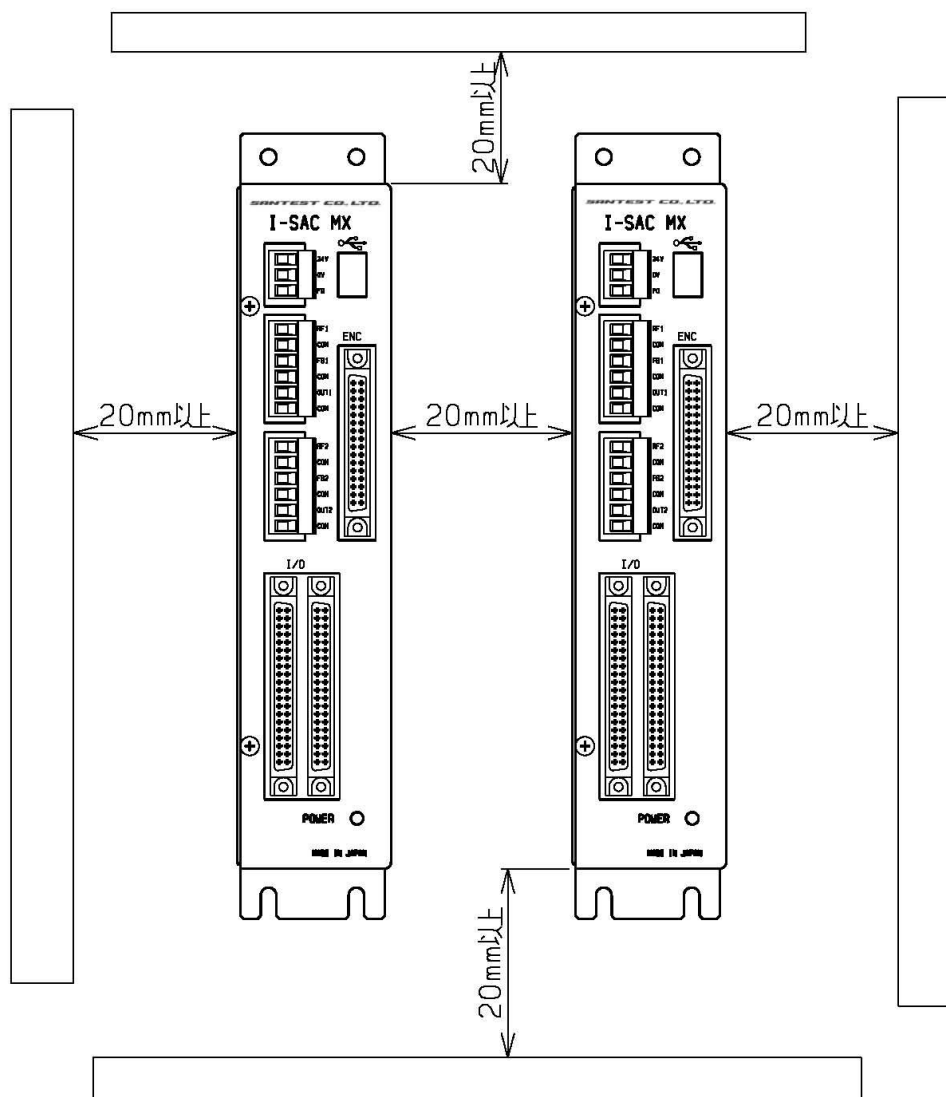



図 4-2 取り付け方法と取り付け箇所

5 配線

5.1 適用電線サイズ

電源コネクタ、アナログ入出力コネクタの推奨電線サイズは 0.2～2.5 [mm^2](AWG24～12 相当)です。電線の先端を下図のようにL=7[mm]被覆を剥いでください。

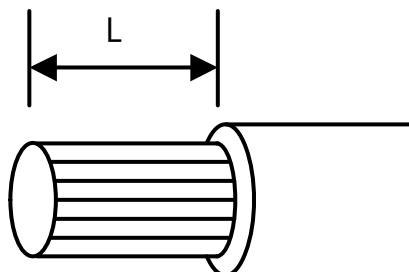



図 5-1 電線の先端処理

5.2 配線方法

I-SAC MX2 は非常に微小な信号を処理する制御装置ですので、配線を行う際には次の事項に特に注意してください。

- 信号ラインへ加わるノイズにより制御性能の悪化、接続機器の誤作動を起こす恐れがありますのでケーブルは推奨ケーブルを用い、配線にあたっては以下の点に留意してください。

  - 配線長を可能な限り短くする
  - 本製品および他の機器の電源ラインおよび電力信号ラインと分離する
  - リレー、電磁スイッチなどのコイルには必ずサージ吸収部品を取り付ける

注意

誤配線は機器を損傷する場合があります。電源投入前に正しく配線できていることを確認してください

5.3　外部接続図

I-SAC MX2 の配線接続は入出力仕様によって異なりますので、型式をご確認いただき、正しく配線を行ってください。型式については”2.2 型式”をご覧ください。ご購入いただいた機器の型式は本体側面のシールを参照ください。

5.3.1　電源と汎用入出力（全型式共通）

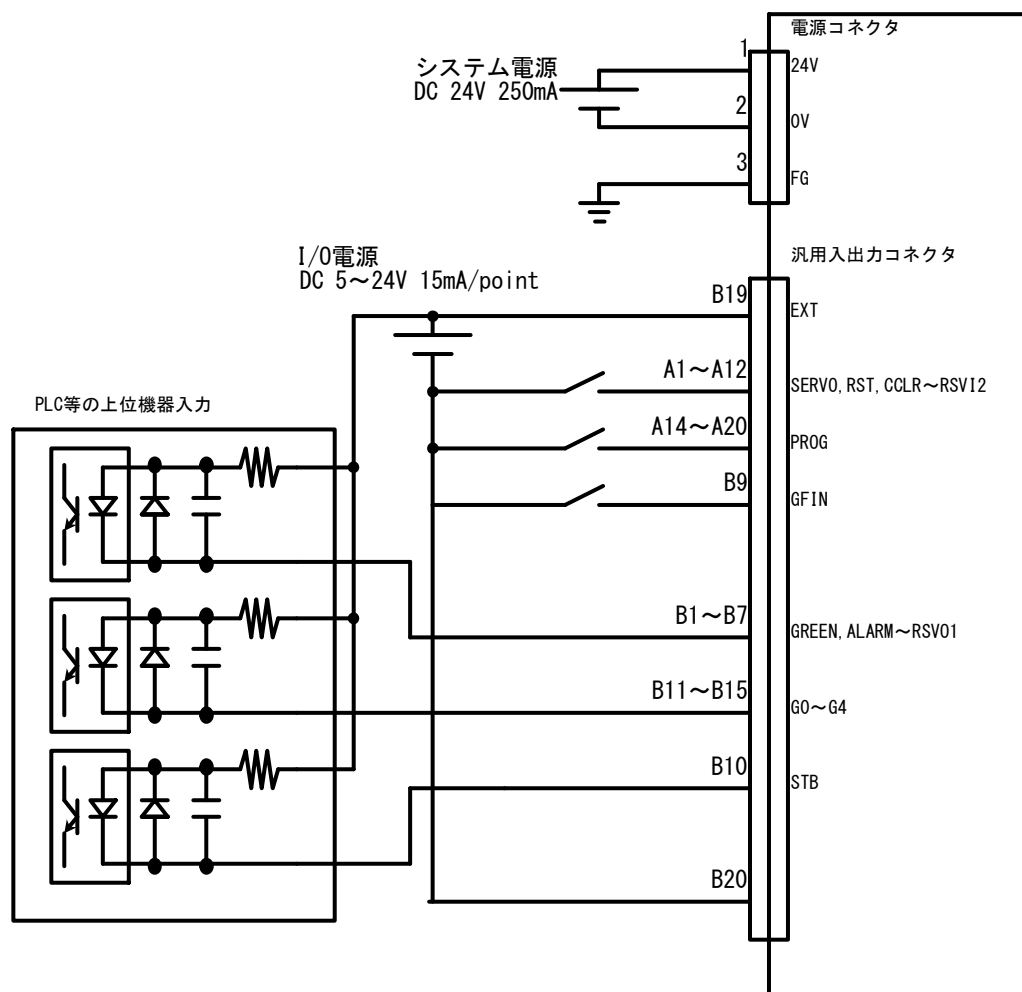



図 5-2 電源および汎用入出力の接続例

※　システム電源には DC24V(±15%)、250mA が必要です。

※　I/O 電源には DC5～24V、入力一点につき 15mA が必要です。I/O 出力に上位 PLC を接続する場合には入出力機器の仕様をご確認ください。

※　I/O 出力はオープンコレクタとなっています。一点あたりの最大電流は 100mA です。

5.3.2 アナログ入力

型式の①②④⑤において、D または 0 の場合はこの配線の必要はありません。
また、I-SAC MX 内部のモーションプログラムを指令としてお使いの場合には、
指令側(RF/COM)の配線は必要ありません。

アナログ入力端子はアナログコネクタの RF1、FB1、RF1、FB2 です。定格入力は±10[V]（電圧入力型の場合）または±20[mA](電流入力型の場合)です。

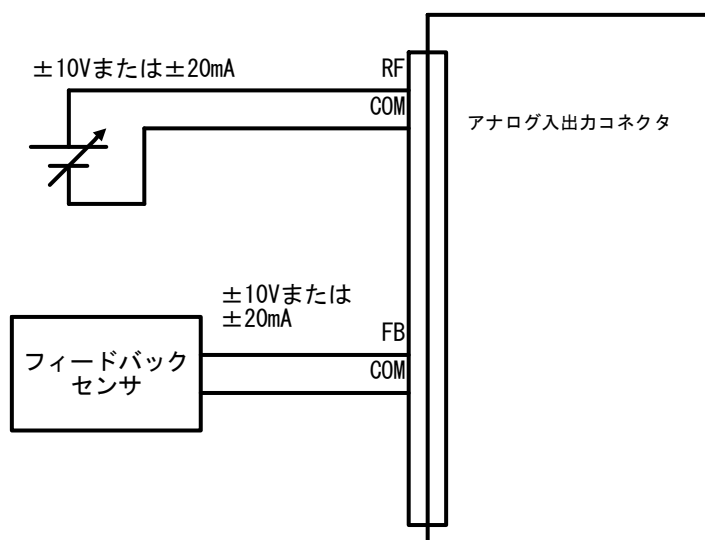



図 5-3 アナログ入力の接続

各入力のスケーリングは付属の Windows™ ソフトウェア「I-SAC Terminal」
を使用して、PC から変更することができます。

5.3.3 エンコーダ入力

I-SAC MX 内部のモーションプログラムを指令としてお使いの場合には、指令側(REF)の配線は必要ありません。

エンコーダ入力は、A/B 相、CW/CCW、フィードパルス/方向符号のインクリメンタルパルスおよび SSI パルスを入力信号として使います。パルスタイプの設定は、指令/フィードバックともに付属の Windows™ ソフトウェア「 I-SAC Terminal 」で変更することができます。
エンコーダ入力の配線は、差動ドライバ型とオープンコレクタ型で異なります。型式と以下の表を確認の上、正しく配線を行ってください。

型式：I-SAC MX2　○○※/△△※
○○：CH1 の指令/フィードバックの型
△△：CH2 の指令/フィードバックの型
※：Don’t Care

○○および△△	接続タイプ
DD	タイプ 1（差動指令/差動フィードバック）
OO	タイプ 2（オープンコレクタ指令/オープンコレクタフィードバック）
OD	タイプ 3（オープンコレクタ指令/差動フィードバック）
DO	タイプ 4（差動指令/オープンコレクタフィードバック）

CH1 と CH2 はそれぞれ独立しておりますので各 CH の型式に応じた配線を行ってください。
例）
I-SAC MX2-DD※/OO※の場合、CH1 の配線はタイプ 1、CH2 の配線はタイプ 2 となります。

● タイプ1（差動指令/差動フィードバック）

フィードバックのパルスタイプがSSIではない場合(A/B、CW/CCW、フィードパルス/方向符号の場合)

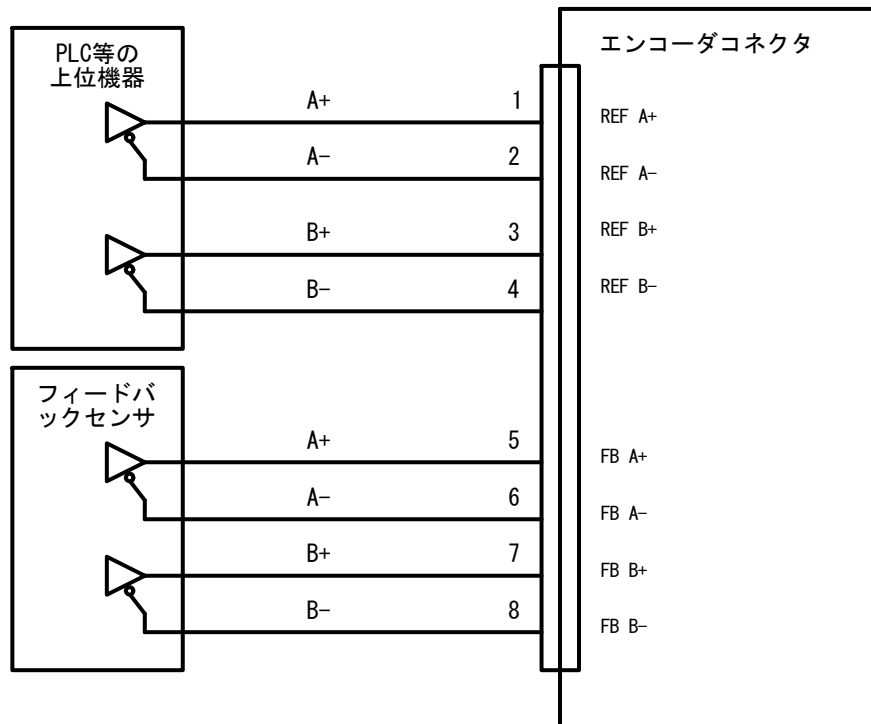



図 5-4 差動指令/差動フィードバックの接続

フィードバックのパルスタイプがSSIの場合のみ

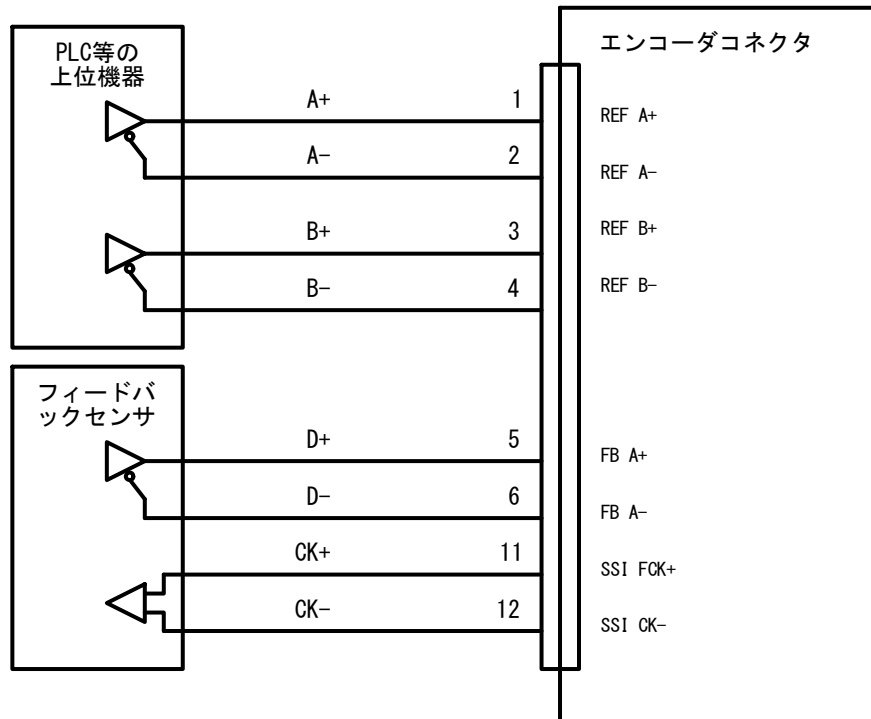



図 5-5 差動指令/差動フィードバック（SSIの場合）の接続

● タイプ２（オープンコレクタ指令/オープンコレクタフィードバック）

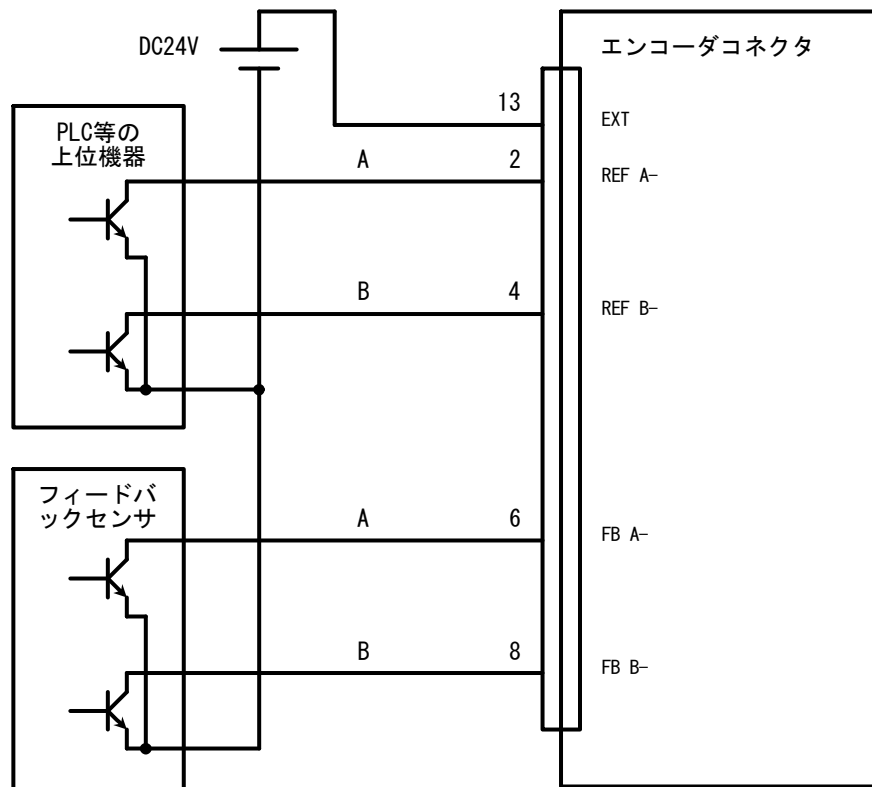



図 5-6 オープンコレクタ指令/オープンコレクタフィードバックの接続

- タイプ３（オープンコレクタ指令/差動フィードバック）

フィードバックのパルスタイプがSSIではない場合(A/B、CW/CCW、フィードパルス/方向符号の場合)

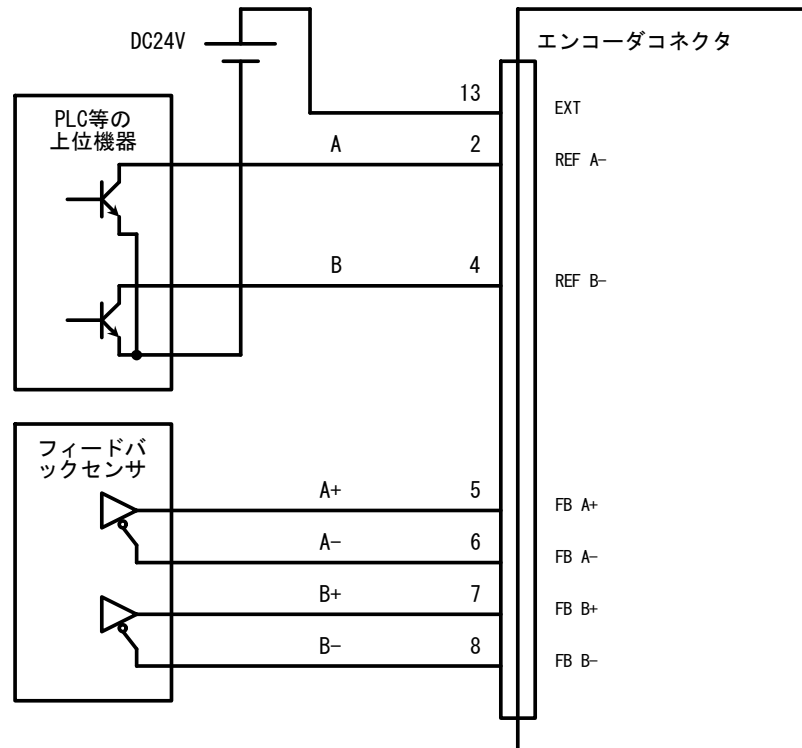



図 5-7 オープンコレクタ指令/差動フィードバックの接続

フィードバックのパルスタイプがSSIの場合のみ

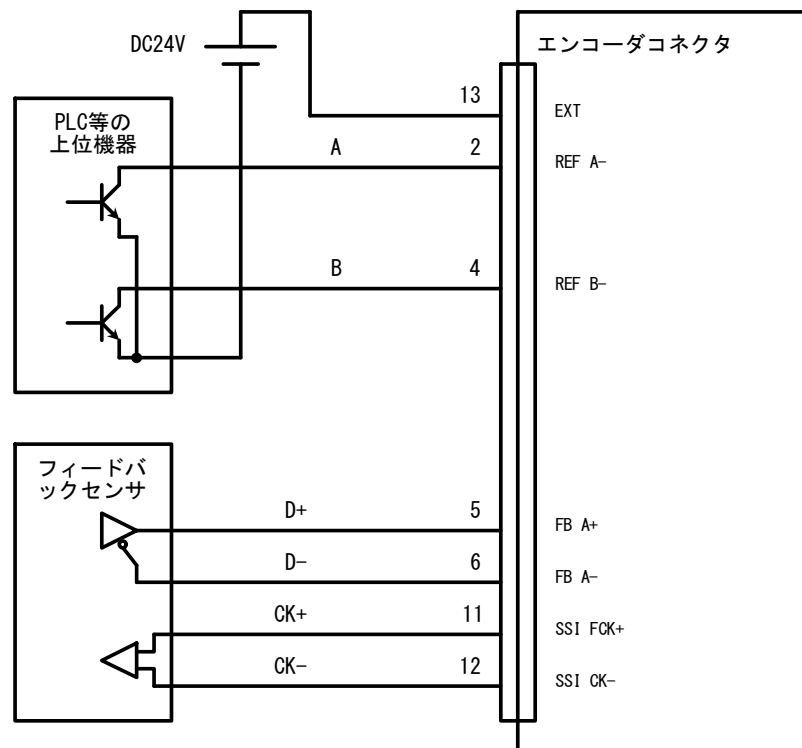



図 5-8 オープンコレクタ指令/差動フィードバック（SSIの場合）の接続

● タイプ４（差動指令/オープンコレクタフィードバック）

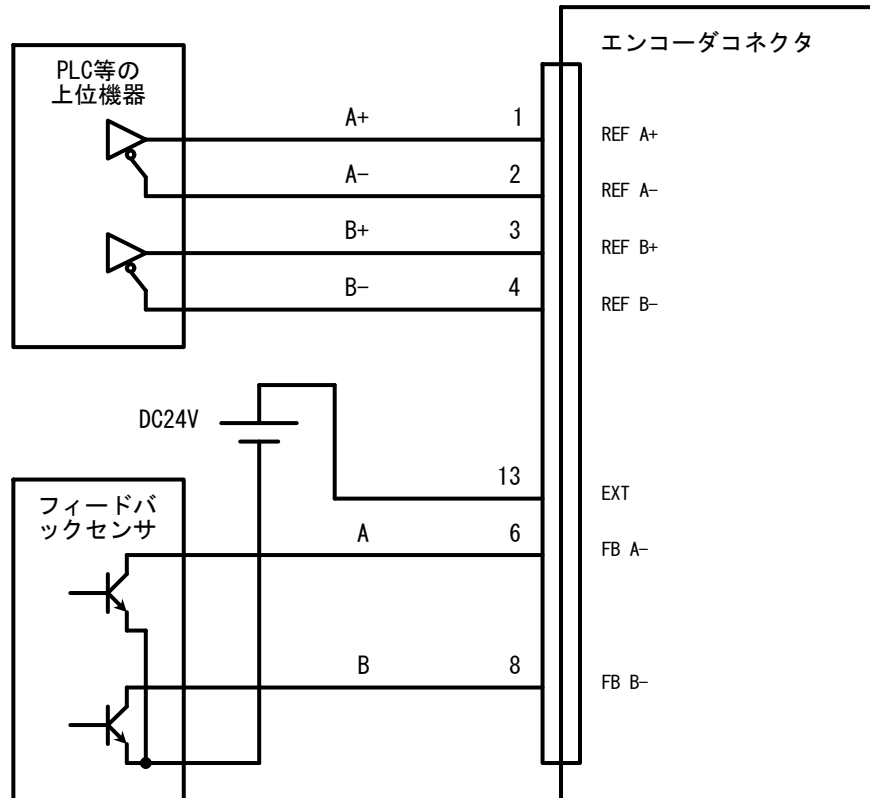



図 5-9 差動指令/オープンコレクタフィードバックの接続

5.3.4 アナログ出力(全型式共通)

- 電圧出力型の場合
  電圧出力はアナログコネクタの OUT1、OUT2 から出力されます。定格出力は±10[V]です。

- 電流出力型の場合
  電流出力はアナログコネクタの OUT1、OUT2 から出力されます。定格出力は±50[mA]です。
  負荷抵抗は最大 200Ω です。

出力電圧/電流のスケーリングは付属の Windows™ ソフトウェア「 I-SAC Terminal 」を使用して、PC から設定することができます。

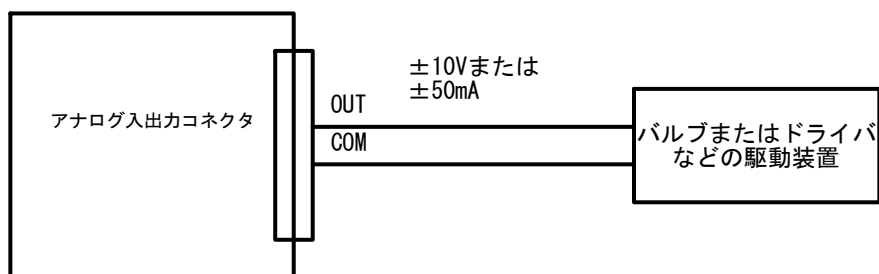



図 5-10 アナログ出力の接続

5.4 コネクタの端子配列

5.4.1 電源コネクタ

電源コネクタはネジ止め式ツーピースコネクタ（フェニックスコンタクト㈱製 MSTB2,5/3-ST-5,08）です。
推奨ネジ締付トルク：0.5［Nm］

- 端子配列図

- 端子機能

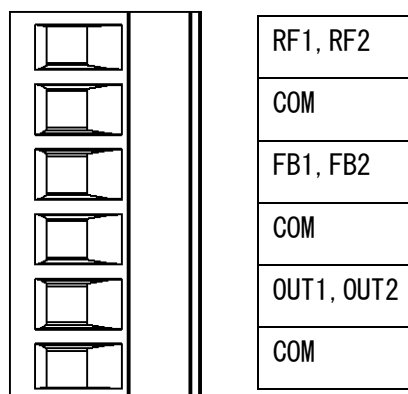
端子名	端子機能
24V	システムの電源入力端子。DC24V(±15%)、250mA。
0V	システムの電源の 0V 入力端子。
FG	フレームグラウンドです。内部でケースに接続されています。D 種接地を行ってください。

表 5-1 電源コネクタの端子機能

※0V⇔FG、0V⇔アナログ入出力コネクタ、0V⇔汎用入出力コネクタの COM は各々絶縁されています。

5.4.2 アナログ入出力コネクタ

アナログ入出力コネクタはアナログ指令/フィードバックおよび制御出力のインターフェイスコネクタで，CH1、CH2 ともに同じ端子配列となっています。
コネクタはネジ止め式ツーピースコネクタ（フェニックスコンタクト㈱製 MSTB2,5/6-ST-5,08）です。
推奨ネジ締付トルク：0.5 Nm

- 端子配列図

- 端子機能

端子名	入出力	端子機能
RF1 RF2	入力	アナログ指令電圧/電流入力端子。指令信号を入力します。
COM		指令入力のコモン。
FB1 FB2	入力	アナログフィードバック電圧/電流入力端子。センサ出力を接続します。
COM		フィードバック入力のコモン。
OUT1 OUT2	出力	操作出力電圧/電流。駆動装置（バルブ、ドライバなど）に接続します。
COM		操作出力コモン。**電流出力型の場合、この端子は０V ではありません。**

表 5-2 アナログ入出力コネクタの端子機能

RF および FB の COM 端子は内部で接続されています。

5.4.3 エンコーダコネクタ

エンコーダコネクタは、ディジタルパルス指令/フィードバックのインターフェイスコネクタです。

I-SAC MX2 側コネクタ: FCN-365P-032-AU (富士通コンポーネント㈱社製)

適合コネクタ : FCN-361J-032-AU

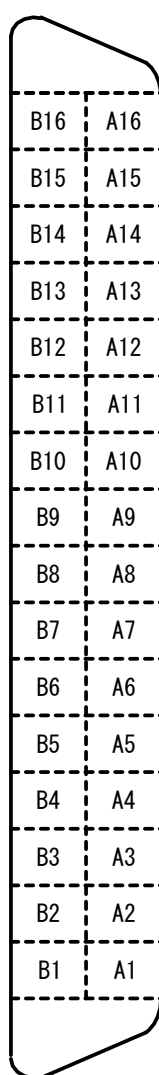
- 端子配列図 (本体正面より見た図)

B16	N.C.	A16	N.C.
B15	N.C.	A15	N.C.
B14	N.C.	A14	N.C.
B13	CH2 EXT	A13	CH1 EXT
B12	CH2 SSI_CK-	A12	CH1 SSI_CK-
B11	CH2 SSI_CK+	A11	CH1 SSI_CK+
B10	CH2 FB Z-	A10	CH1 FB Z-
B9	CH2 FB Z+	A9	CH1 FB Z+
B8	CH2 FB B-	A8	CH1 FB B-
B7	CH2 FB B+	A7	CH1 FB B+
B6	CH2 FB A-	A6	CH1 FB A-
B5	CH2 FB A+	A5	CH1 FB A+
B4	CH2 REF B-	A4	CH1 REF B-
B3	CH2 REF B+	A3	CH1 REF B+
B2	CH2 REF A-	A2	CH1 REF A-
B1	CH2 REF A+	A1	CH1 REF A+

図 5-11 エンコーダコネクタ

- 端子機能

端子名	入出力	端子機能
EXT		オープンコレクタ型の場合の外部電源入力端子です。
SSI_CK-	出力	SSI の CLOCK-。
SSI_CK+	出力	SSI の CLOCK+。
FB Z-	入力	フィードバックの-Z。
FB Z+	入力	フィードバックの+Z。
FB B-	入力	フィードバックの-B。
FB B+	入力	フィードバックの+B。
FB A-	入力	フィードバックの-A。
FB A+	入力	フィードバックの+A。
REF B-	入力	指令の-B。
REF B+	入力	指令の+B。
REF A-	入力	指令の-A。
REF A+	入力	指令の+A。

表 5-3 エンコーダコネクタの端子機能

A：A/B 相の A 相、CW/CCW の CW、フィードパルス/方向符号のフィードパルス

B：A/B 相の B 相、CW/CCW の CCW、フィードパルス/方向符号の方向符号信号

Z：内部カウンタがクリアされます(後述の CCLR 入力と同等)。

5.4.4 汎用入出力コネクタ

汎用入出力コネクタは、PLC 等の上位機器とのインターフェイスコネクタです。
端子配列は CH1、CH2 ともに同じです。
I-SAC MX2 側コネクタ: FCN-365P-040-AU（富士通コンポーネント㈱社製）
適合コネクタ：FCN-361J-040-AU

● 端子配列図 （本体正面より見た図）

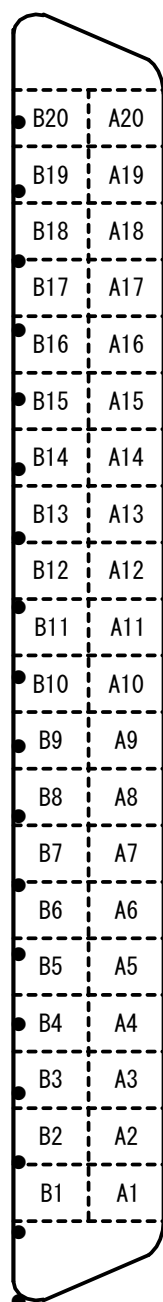
B20 A20
B19 A19
B18 A18
B17 A17
B16 A16
B15 A15
B14 A14
B13 A13
B12 A12
B11 A11
B10 A10
B9 A9
B8 A8
B7 A7
B6 A6
B5 A5
B4 A4
B3 A3
B2 A2
B1 A1

ピン番号	端子名	ピン番号	端子名
B20	COM	A20	WAVE2
B19	EXT	A19	WAVE1
B18	N.C.	A18	WAVE0
B17	N.C.	A17	STEP3
B16	N.C.	A16	STEP2
B15	MCODE4	A15	STEP1
B14	MCODE3	A14	STEP0
B13	MCODE2	A13	N.C.
B12	MCODE1	A12	ABS
B11	MCODE0	A11	RSV
B10	SYNC	A10	INV
B9	N.C.	A9	NJOG
B8	N.C.	A8	PJOG
B7	W_BUSY	A7	M_START
B6	RINPOS	A6	HALT
B5	INPOS	A5	W_START
B4	M_BUSY	A4	M_PAUSE
B3	SERVO_ERR	A3	CCLR
B2	ALARM	A2	RST
B1	GREEN	A1	SERVO

図 5-12 汎用入出力コネクタ

● 端子機能

端子名	入出力	端子機能
SERVO	入力	サーボ ON 入力。アクティブにしたとき、フィードバック制御が有効になります。インアクティブとしたときには「サーボ OFF 時出力」で設定された値が出力されます。
RST	入力	アラームリセット入力。アラーム出力をリセットします。
CCLR	入力	カウンタクリア。指令とフィードバックの内部インクリメンタルパルスカウンタを 0 にクリアします。
M_PAUSE	入力	モーション機能一時停止入力。アクティブにしている間、ステップ移動動作の実行を停止します。
W_START	入力	波形開始/停止入力。アクティブにすると、WAVE0～WAVE2 で選択された波形を開始します。停止は波形パラメータによります。
HALT	入力	モーション機能のステップ移動動作および波形出力動作を即座に停止します。
M_START	入力	モーション機能の開始入力です。アクティブにすると、STEP0～STEP3 で指定されたステップ動作を開始します。
PJOG	入力	前進ジョグ入力。サーボ OFF 時、この端子をアクティブにしている間、「前進ジョグ」で設定した値を出力します。
NJOG	入力	後退ジョグ入力です。サーボ OFF 時、この端子をアクティブにしている間、「後退ジョグ」で設定した値を出力します。
INV	入力	軸切り替え入力。アクティブにしている間、他方の操作出力が出力されます（CH1 の場合は CH2 が、CH2 の場合は CH1 の操作出力が出力されます）。
ABS	入力	フィードバック信号絶対値入力。アクティブにしている間、対応するチャンネルのフィードバック信号を内部で絶対値演算します。
STEP0～3	入力	ステップ番号選択入力。バイナリ 0～15 で指定します。
WAVE0～2	入力	波形番号選択入力。バイナリ 0～7 で指定します。
GREEN	出力	システムが正常に起動したときにアクティブとなります。
ALARM	出力	異常が発生した場合にアクティブとなります。RST 信号入力がアクティブになるまで ALARM のアクティブは保持されます。また、ALARM がアクティブとなった場合の操作出力については”8.2 アラーム”を参照してください。
SERVO_ERR	出力	偏差異常出力。指令とフィードバックの偏差が「サーボ異常閾値」を越えた時間が「期間」を超えたときにアクティブとなります。詳細は”6.2.5 ディジタル I/O 設定”を参照してください。
M_BUSY	出力	モーション機能のステップ移動動作中にアクティブとなります。
INPOS	出力	インポジション出力。指令とフィードバックの差（偏差）が「インポジション範囲」以内に入るとアクティブになります。

端子名	入出力	端子機能
RINPOS	出力	粗一致出力。指令とフィードバックの差（偏差）が「粗一致範囲」以内に入るとアクティブになります。
W_BUSY	出力	波形出力機能の動作中にアクティブになります。
SYNC	出力	波形出力の SYNC（波形と同一の周波数の ON/OFF 信号）が出力されます。
MCODE0～4	出力	モーションプログラムのステップで設定された MCODE 信号が出力されます。
COM	---	出力のコモン。
EXT	---	外部入力の電源。+5 ～ 30V DC の電源を接続してください。

表 5-4 汎用入出力コネクタの端子機能

アクティブとは、I-SAC MX で論理的に ON となった状態をいいます。汎用入出力ポートでの電圧の HI/LO は、パラメータ「汎用入出力極性」によります。

6 準備

6.1 パラメータの構成・設定ツール

6.1.1 Windows™ドライバと設定ツールのインストール

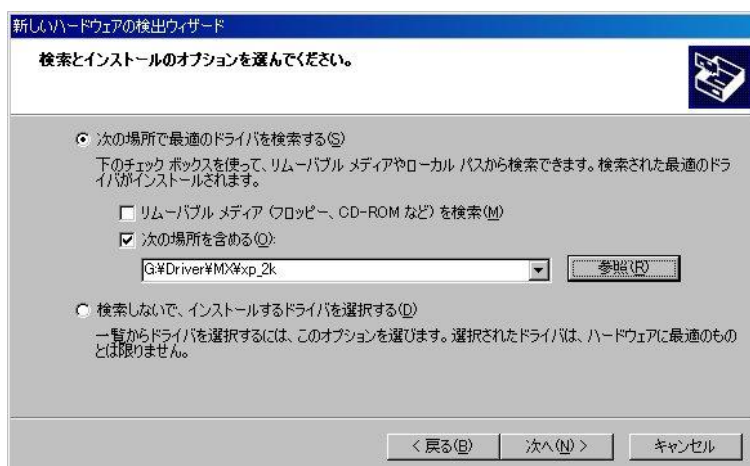
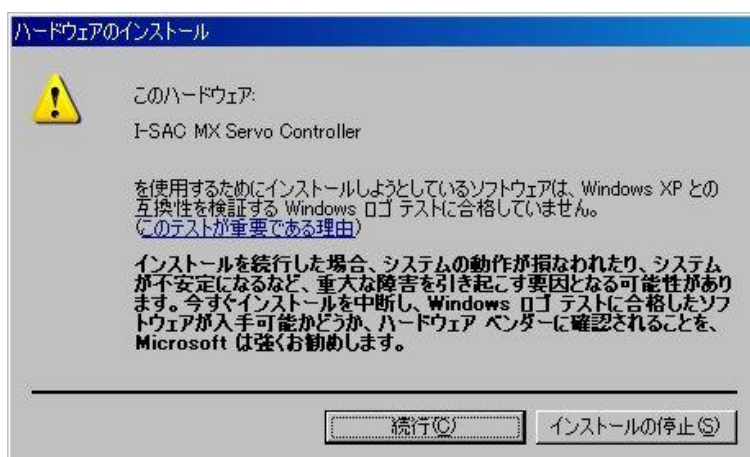
I-SAC MX2 のパラメータを調整するためには、お使いの PC に I-SAC Terminal2 とドライバをインストールする必要があります。インストールは下記の手順に従ってください。

- インストール可能な OS とバージョン
  ドライバおよび I-SAC Terminal2 をインストール可能な OS とバージョンは以下のとおりです。
  - ◆ Windows XP SP3 以降
  - ◆ Windows Vista (32bit/64bit)
  - ◆ Windows 7 (32bit/64bit)
- I-SAC Terminal2 のインストール
  1. CD-ROM を PC の CD-ROM ドライブにセットしてください。
  2. 「Setup」フォルダにある setup.exe をダブルクリックしてください。
  3. 指示に従ってインストールを行ってください。

- I-SAC MX2 ドライバのインストール
  ここでは、Windows XP™の場合を例に説明します。その他の OS の場合は本説明を参考にインストールを行ってください。
  1. I-SAC MX2 の USB ポートと、PC の USB ポートとを付属の USB ケーブルで接続します。
  2. I-SAC MX2 の電源を入れます。
  3. 「新しいハードウェアの追加」ダイアログが開きますので、「一覧または特定の場所からインストールする」を選択して「次へ」をクリックしてください。

  4. 「次の場所で最適のドライバを検索する」を選択し、「次の場所を含める」をチェックしてください。 その下には CD-ROM ドライブのドライバの保存場所を入力するか、

「参照」をクリックして入力してください。ドライバの保存場所は CD-ROM ドライブの場所を D:¥とすると以下のとおりです。

入力後、「次へ」をクリックしてください。

5. ドライバのインストールの途中でこのようなダイアログが出た場合には「続行」を選択してください。

6. 「完了」をクリックしてください。

6.1.2 パラメータの種類と設定方法

I-SAC MX2 には機能、調整を設定する各種のパラメータがあります。ここでは各種の機能を使用するための設定と、設定を行うためのツールについて説明します。

- パラメータの種類
  パラメータは大きく分けて**「I/O 設定パラメータ」、「サーボ設定パラメータ」、「モーションパラメータ」**の 3 種類に分類されます。
  「I/O 設定パラメータ」は入出力レンジおよび上位 PLC との汎用入出力に関する設定を行います。
  「サーボ設定パラメータ」はフィードバック制御に関する設定を行います。
  「モーションパラメータ」は I-SAC MX2 内蔵のモーション機能および波形生成機能を設定します。
  各パラメータについては次項以下を参照してください。
- パラメータの設定方法
  パラメータの設定は、付属の Windows™ ソフトウェア「 I-SAC Terminal2 」を用いて行います。詳しくは「I-SAC Terminal2」のヘルプファイルをご覧下さい
- パラメータは付属の Windows™ ソフトウェア「 I-SAC Terminal2 」を用いてお使いの PC に保存、呼び出すことができます。詳しくは「I-SAC Terminal2」のヘルプファイルをご覧下さい。

6.2 I/O パラメータの設定

6.2.1 指令信号の設定

- 信号ソース

アナログ	アナログコネクタから入力される電圧/電流を指令値とします。
ディジタル	エンコーダコネクタから入力されるインクリメンタルパルスを指令値とします。
内部	関数発生機能による波形を指令値とします。

- パルスタイプ（信号ソースがディジタルの場合のみ有効）

A/B 相	1 逓倍、2 逓倍、4 逓倍を選択します。
CW/CCW	正論理/負論理を選択します。
フィードパルス/方向符号	正論理/負論理を選択します。

- レンジ（信号ソースがアナログの場合のみ有効）
  指令値のアナログ電圧/電流の最小値と最大値を設定します。
  -100[%]から 100[%]が入力最大定格に対応します。
  例：
  ±10V であれば-100 と+100[%]をそれぞれ設定します。
  0～10V であれば 0[%]と 100[%]をそれぞれ設定します。
  4～20mA であれば 20[%]と 100[%]をそれぞれ設定します。

I-SAC MX は、レンジ最小値を内部値 0%、レンジ最大値を 100%としてフィードバックの内部値と一致させるように制御を行います。

- カウンタスケール（信号ソースがディジタルの場合のみ有効）
  指令パルスのフルスケールを設定します。

カウンタスケールに負の値を設定すると、カウントの極性が反転します。

6.2.2 フィードバック信号の設定

- 信号ソース

アナログ	アナログコネクタから入力される電圧/電流を指令値とします。
ディジタル	エンコーダコネクタから入力されるインクリメンタルパルスを指令値とます。

- パルスタイプ（信号ソースがディジタルの場合のみ有効）

A/B 相	1 逓倍、2 逓倍、4 逓倍を選択します。
CW/CCW	正論理/負論理を選択します。
フィードパルス/方向符号	正論理/負論理を選択します。
SSI20bit	主にヨーロッパで使われているアブソリュートエンコーダのためのシリアル通信フォーマットです。

パルスタイプの変更は誤作動防止のため、I-SAC MX の電源を再投入するまで
反映されない仕様となっています。

- レンジ（信号ソースがアナログの場合のみ有効）

  フィードバック値のアナログ電圧/電流の最小値と最大値を設定します。

  -100[%]から 100[%]が入力最大定格に対応します。

  例：

  ±10V であれば-100 と+100[%]をそれぞれ設定します。

  0～10V であれば 0[%]と 100[%]をそれぞれ設定します。

  4～20mA であれば 20[%]と 100[%]をそれぞれ設定します。

- カウンタスケール（信号ソースがディジタルの場合のみ有効）

  フィードバックパルスのフルスケールを設定します。

カウンタスケールに負の値を設定すると、カウントの極性が反転します。

6.2.3 操作出力信号の設定

- レンジ

  出力電圧のレンジの最小値と最大値を設定します。最大値と最小値を入れ替えると出力の極性が反転します。

  電圧出力型の場合、-100～100[%]が -10～10 [V]に対応します。

  電流出力型の場合、-100～100[%]が -50～50 [mA]に対応します。

6.2.4 設定例

- アナログシステムの例

  指令： 0 ～10[V]

  フィードバック： -10～10[V]の圧力センサ

  制御対象の入力： 0～10[V] (5V 中点)のバルブ

	パラメータ	設定値
指令	信号ソース	アナログ
	レンジ	最小値 0、最大値 100
フィードバック	信号ソース	アナログ
	レンジ	最小値 -100、最大値 100
出力	レンジ	最小値 0、最大値 100

- ディジタルシステムの例

  指令：CW/CCW 正論理

  フィードバック： A/B 相 4 逓倍、分解能 1[μm]、フルストローク 300[mm]

  制御対象の入力： -10[V]～ 10[V]の AC サーボモータドライバ（回転数コントロールモード、+10[V]で正転最大回転数、-10[V]で逆転最大回転数とします）

  カウンタのフルスケールは

  フルストローク÷分解能＝300÷0.001 = 300,000

  となります。

セクション	パラメータ	設定値
指令	信号ソース	ディジタル
	パルスタイプ	CW/CCW 正論理
	カウンタスケール	300,000
フィードバック	信号ソース	アナログ
	パルスタイプ	A/B 層　4 逓倍
	カウンタスケール	300,000
出力	レンジ	最小値-100、最大値 100

6.2.5 ディジタル I/O 設定

<table>
<tr><th colspan="3">名前[単位]</th><th>説明</th><th>最小値</th><th>最大値</th></tr>
<tr><td colspan="3">前進ジョグ出力 [%FS]</td><td>サーボ OFF かつ前進ジョグ ON 時の一定出力値を指定します。</td><td>0</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="3">後退ジョグ出力 [%FS]</td><td>サーボ OFF かつ後退ジョグ ON 時の一定出力値を指定します。</td><td>-100</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="3">サーボ OFF 時出力 [%FS]</td><td>サーボ OFF 時の一定出力値を指定します。</td><td>-100</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="3">アナログ入力フィルタ</td><td>フィードバック入力がアナログ電圧/電流の場合に通すローパスフィルタの時定数を設定します。</td><td>0.001</td><td>1</td></tr>
<tr><td colspan="3">インポジション範囲 [%FS]</td><td>偏差の絶対値がこの値以下になり、インポジション時間経過したときに内部インポジション状態となり、INPOS がアクティブとなります。</td><td>0</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="3">粗一致範囲 [%FS]</td><td>偏差の絶対値がこの値以下になり、インポジション時間経過したときに内部粗一致状態となり、RINPOS がアクティブとなります。</td><td>0</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="3">インポジション時間 [s]</td><td>偏差の絶対値がインポジション時間以上継続すると、INPOS または RPINPOS がアクティブとなります。</td><td>0.001</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="3">OSM しきい値</td><td>自動安定性モニタの不安定検出の閾値です。大きい値にするほど検出しにくくなります。</td><td>1</td><td>1000</td></tr>
<tr><td rowspan="4">サーボ異常検出</td><td colspan="2">サーボ異常閾値 [%FS]</td><td rowspan="2">サーボ ON の状態で、偏差の絶対値が「サーボ異常閾値」以上の時間が「サーボ異常時間」以上続くと SERVO_ERR がアクティブとなります。</td><td>0</td><td>100</td></tr>
<tr><td colspan="2">サーボ異常時間[s]</td><td>0.01</td><td>100</td></tr>
<tr><td rowspan="2">異常時出力</td><td>比例制御（ゲイン）</td><td>サーボ異常状態となったときに比例制御に移行します。比例ゲインは安全を考慮して十分に小さい値を設定してください。</td><td>0</td><td>5</td></tr>
<tr><td>一定値（出力）[%FS]</td><td>サーボ異常状態となったときの一定出力値を指定します。</td><td>-100</td><td>100</td></tr>
</table>

表 6-1 ディジタル I/O 設定一覧

※1 出力フルスケールに対する百分率で入力します。±10V 出力の場合、100%では+10V を、0%では 0V を、-100%では-10V を出力します。

6.2.6 ディジタル I/O 極性

汎用入出力コネクタに入力する信号の極性に対して、あるいは出力電圧の極性を指定します。通常は、フォトカプラが ON のときは内部状態がアクティブとなります。チェックを入れると極性が反転します。
また、出力ポートの極性を反転させると、内部状態がアクティブのときにオープンコレクタ出力が OFF となります。

無接続の信号は極性を反転すると常時アクティブとなります。

6.3　サーボパラメータの設定

6.3.1　基本パラメータ

<table>
<tr><th colspan="2">名前（従来機種での呼び名）</th><th>説明</th><th>最小値</th><th>最大値</th></tr>
<tr><td colspan="2">フィードバックゲイン(KE)</td><td>比例制御の比例ゲインに相当します。値が大きいほど追従性が良くなりますが、大きすぎるとハンチングの原因となります。</td><td>0</td><td>1000</td></tr>
<tr><td colspan="2">極(Tp)</td><td>単純適応制御理論におけるPFCの時定数。制御対象の固有振動数の逆数以下の値を設定します。</td><td>0.001</td><td>10</td></tr>
<tr><td colspan="2">安定度(IG)</td><td>制御系の安定度。大きくするほど安定度が増しますが、大きすぎると定常偏差が大きくなり、また追従性が劣化します。0にすると比例制御と同等になります。</td><td>0</td><td>1000</td></tr>
<tr><td colspan="2">規範モデルタイプ</td><td>内部規範モデルのモデルタイプ。
1 次遅れと 3 次遅れの二種類から選びます。</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">モデル時定数(TM)</td><td>規範モデルの時定数。指令信号はこの時定数に従って丸められます。</td><td>0.001</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="3">適応ゲイン変化率</td><td>偏差(GP_1)</td><td>適応ゲインの偏差による変化率。偏差が大きくなるほど変化率にしたがってフィードバックゲインが大きくなります。</td><td>0</td><td>3</td></tr>
<tr><td>速度(GP_3)</td><td>適応ゲインのモデル速度による変化率。モデル速度が大きくなるにしたがってフィードバックゲインが大きくなります。</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>加速度(GP_4)</td><td>適応ゲインのモデル加速度による変化率。モデル加速度が大きくなるにしたがってフィードバックゲインが大きくなります。</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">出力補正</td><td>出力幅（OJ）</td><td>通常の制御出力に重畳される量です。</td><td>0</td><td>30</td></tr>
<tr><td>シグマ</td><td>シグモイド関数のパラメータです。詳細は”7.2.10 出力補償の設定”をご覧ください。</td><td>0.001</td><td>1</td></tr>
</table>

表 6-2 サーボ基本パラメーター覧

6.3.2 追加補償パラメータ

追加補償は基本パラメータだけでは所望の応答にならない場合に適宜追加することができます。

名前（従来機種での呼び名）		説明	最小値	最大値
PI補償	積分ゲイン(KI)	PID 制御の積分ゲインに相当します。大きくすると定常偏差を減らす効果が強くなりますが、大きくし過ぎるとハンチングの原因となります。	0	1000
	ストライクゾーン(STR)	積分が有効となる偏差の最小値です。	0	100
	積分範囲(IWD)	積分が有効となる偏差の最大値です。	0	100
局所フィードバック	速度(KV)	速度フィードバックのゲインです。	0	10
	加速度(KA)	加速度フィードバックのゲインです。	0	1
	フィルタ時定数（TF）	フィードバックの速度、加速度演算で使われる 1 次フィルタの時定数です。大きくするほどフィルタ効果が高くなります。	0.001	1
ディザ	周波数	ディザ信号の周波数です。	10	200
	出力	ディザ信号の出力量です。0 にすると無効となります。	0	100

表 6-3 サーボ追加補償パラメータ一覧

6.3.3 I-SAC 制御ブロック図

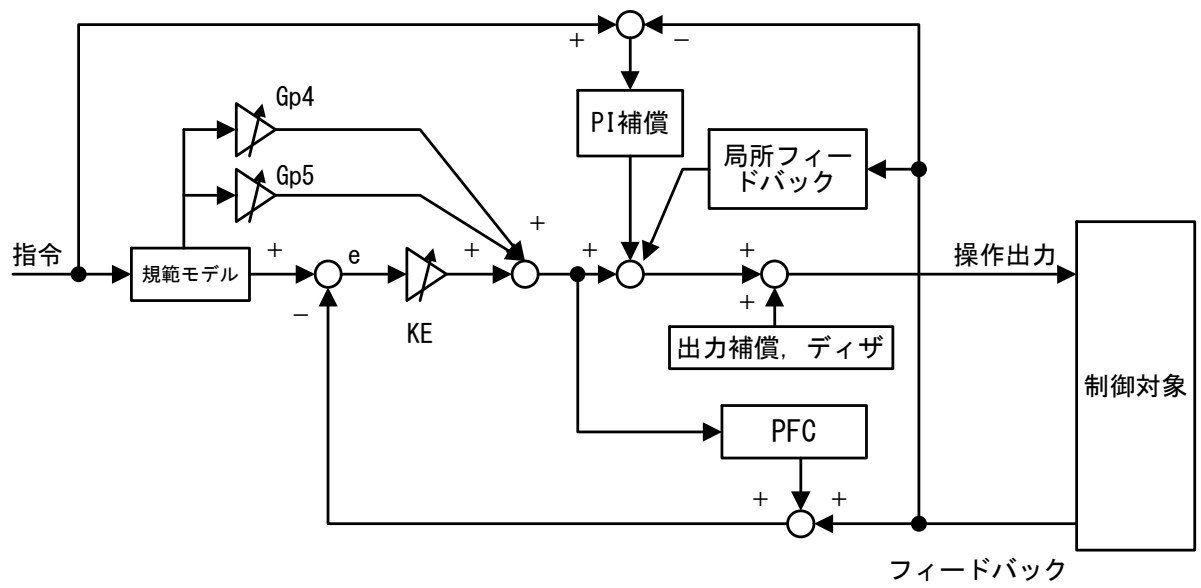



図 6-1 I-SAC アルゴリズムのブロック図

6.4　関数発生機能の設定

関数発生機能はI-SAC MX2に予め指令プロファイルを設定し、スタンドアローンで制御を行う機能です。関数発生機能は付属の「I-SAC Terminal」で設定します。
関数発生機能を利用することで、I-SAC MX2 内部で高速(0.2msec 更新)かつ高精度(単精度浮動小数点精度)な指令を作成することができ、フィードバックセンサとしてディジタル変位センサと組み合わせると非常に高い分解能で位置決め制御を行うことも可能となります。

関数発生機能は、モーション機能と、波形出力機能の 2 種類から成ります。
モーション機能は、シリンダやテーブルを目標の位置まで一定の速度で移動させる用途に使います。
波形出力機能は、特定の位置で正弦波や三角波などの繰り返し信号を作成する用途に使います。
関数発生機能から出力される指令値は、モーション機能と波形出力機能の和となりますので、二つを組み合わせることで指定した値を中央値として正弦波で加振するなど、様々な用途に対応することができます。

モーション機能と波形出力機能のパラメータは、それぞれの開始入力の ON の立ち上がりエッジで読み込まれますので、動作中の変更はできません。同様に、ステップ番号および波形番号もそれぞれの動作中に変更しても適用されません。
（パラメータ/選択の更新は受け付けられますが、次の開始入力の ON 時まで反映されません）

6.4.1　モーション機能

<u>ステップ</u>

モーション機能は、最大 16 個登録できるステップで設定します。
1 つのステップには、以下のパラメータを設定します。

- コマンド
  コマンドは、移動する方法を指定します。
  - INC 移動
    現在の値から「目標値」で指定された分だけ増減する。
  - ABS 移動
    現在の値にかかわらず「目標値」で指定された値へ増減する。（増加させるか減少させるかは、現在の値によって内部で判断します）
  - RST 移動
    現在の値にかかわらず、現在のフィードバック値と同じ値に増減する。（増加させるか減少させるかは現在の値によって内部で判断します）
- 目標値
  指令の移動量。フルスケールに対してパーセントで指定します。
- 移動時間
  指令を移動させる移動時間。ミリ秒で指定します。
- MCODE
  移動後に出力されるバイナリデータ。0～31 までの整数を任意で指定します。

モーションの開始と停止

　モーション機能の開始は、汎用入力の「モーションスタート」で行います。「モーションスタート」ON立ち上がりエッジでステップ番号が読みこまれ、指定されたステップのモーション動作が開始されます。ステップで指定された目標値の移動が完了すると、次のステップには進まず、その値を維持します。

モーションを途中で停止するためには、汎用入力「モーション一時停止」または「モーション波形停止」のいずれかを使います。

「モーション一時停止」をONとするとステップ移動動作が一時的に停止しますが、OFFとすると再度定められた目標値に到達するまで動作を続けます。

「モーション関数停止」をONとすると、ステップ移動動作を完全に中止します（ただし、この入力は後述する波形出力も停止させます）。

ステップ移動中は、汎用出力「モーションビジー」がONとなります。また、ステップ移動が完了すると動作ステップに対応した「MCODE」が出力されます。

6.4.2　波形出力機能

波形出力機能は、正弦波や三角波など、多くの試験で使われる波形を生成する機能です。
波形出力機能は、最大 8 つ登録できる波形で設定します。

波形パラメータ

1 つの波形には以下のパラメータを設定します。

- 波形選択
  ＋SIN、三角波、矩形波、のこぎり波、−SIN、+COS、−COS の中から選択します。
  +SIN、三角波、矩形波、のこぎり波、−SIN 波形は、現在指令値を中心として波形出力しますが、+COS および−COS は現在指令値を最大あるいは最小値として波形出力します。
- 振幅
  0～100%フルスケールをピーク to ピークで指定
- 周波数
  0.01～100Hz
- 開始/終了モード
  波形の開始と終了の方法を指定します。下記から選びます。
  - 自由サイクル勾配
    「波形開始/停止」入力の ON により指定の「勾配時間」で振幅を増加させつつ出力を開始します。指定の振幅に到達すると出力を継続します。
    「波形開始/停止」入力の OFF により指定の「勾配時間」で振幅を減少させます。
  - 自由サイクル全波止め
    「波形開始/停止」入力の ON により指定の振幅で出力を開始します。
    「波形開始/停止」入力の OFF が受け付けられた時点から最初の全波(360°)で出力が停止します。
  - 自由サイクル半波止め
    「波形開始/停止」入力の ON により指定の振幅で出力を開始します。
    「波形開始/停止」入力の OFF が受け付けられた時点から最初の半波(180°)で出力が停止します。
  - 固定サイクル勾配
    「波形開始/停止」入力の ON により指定の「勾配時間」で振幅を増加させつつ出力を開始します。指定の振幅に到達するとサイクル数のカウントを開始し、指定の「サイクル数」に一致するまで出力を維持します。指定の「サイクル数」に一致すると、指定の「勾配時間」で振幅を減少させます。
  - 固定サイクル全波止め
    「波形開始/停止」入力の ON により指定の振幅で出力を開始します。入力の ON と同時にサイクル数のカウントを開始し、指定のサイクル数と一致する全波（360°）で出力を停止します。
  - 固定サイクル半波止め

「波形開始/終了」入力の ON により指定の振幅で出力を開始します。入力の ON と同時にサイクル数のカウントを開始し、指定のサイクル数と一致する半波（180°）で出力を停止します。

- 勾配時間

  0.01～100 秒で指定します。「波形開始/終了モード」が「自由サイクル勾配」または「固定サイクル勾配」の場合、このパラメータで指定される時間で振幅を徐々に増加/減少させ、指定の振幅に到達させます。（勾配時間 0 で駆動させるには「全波止め」または「半波止め」を選択してください）

- サイクル数

  1～999999 の整数で指定します。「波形開始/終了モード」が「固定サイクル勾配」、「固定サイクル全波停止」または「固定サイクル半波停止」の場合、このパラメータで指定されるサイクル数の波形を出力したあと、波形を停止させます。

波形の開始/停止

波形の開始/停止は、汎用入力「波形開始/停止」の ON/OFF で行います。

「波形開始/停止」入力の ON 立ち上がりエッジで波形番号とパラメータが波形発生機能に読み込まれます。波

パラメータの「波形開始/停止モード」が「自由サイクル」の場合は入力の ON で開始し、OFF で停止します。

パラメータの「波形開始/停止モード」が「固定サイクル」の場合は入力の ON で開始し、指定のサイクル数で自動的に停止します。

動作中の波形出力を即座に停止するには、「モーション関数中止」入力を ON にします（ただし、ステップ動作も停止します）。

波形出力中は汎用出力「波形ビジー」が ON となり、波形出力が停止する（振幅が 0 となる）と自動的に OFF となります。

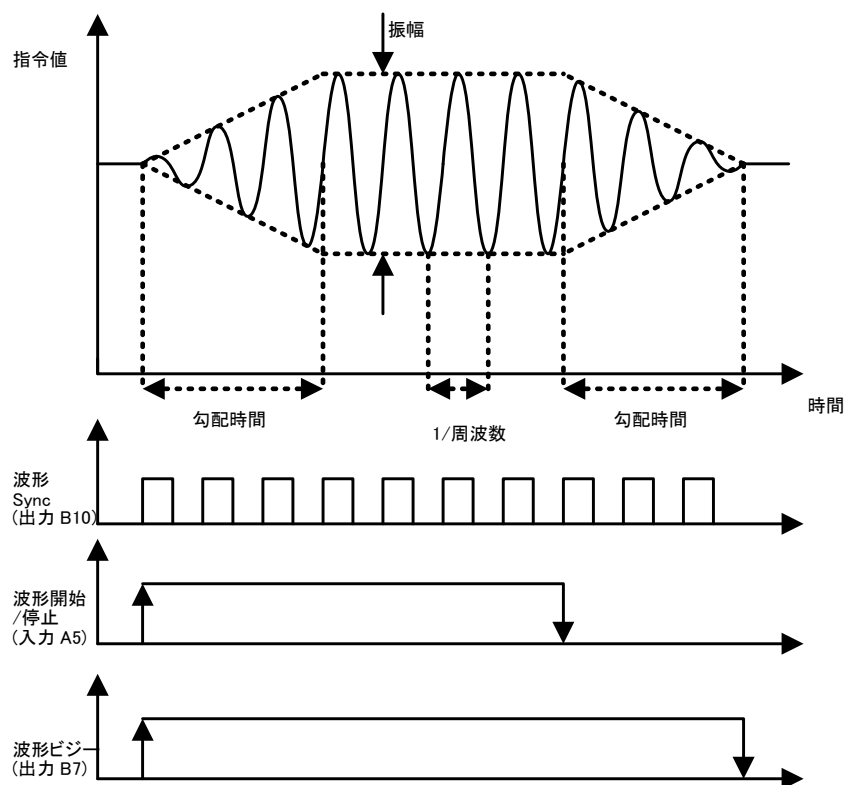



図 6-2 波形の開始と停止（+SIN 自由サイクル勾配の場合）

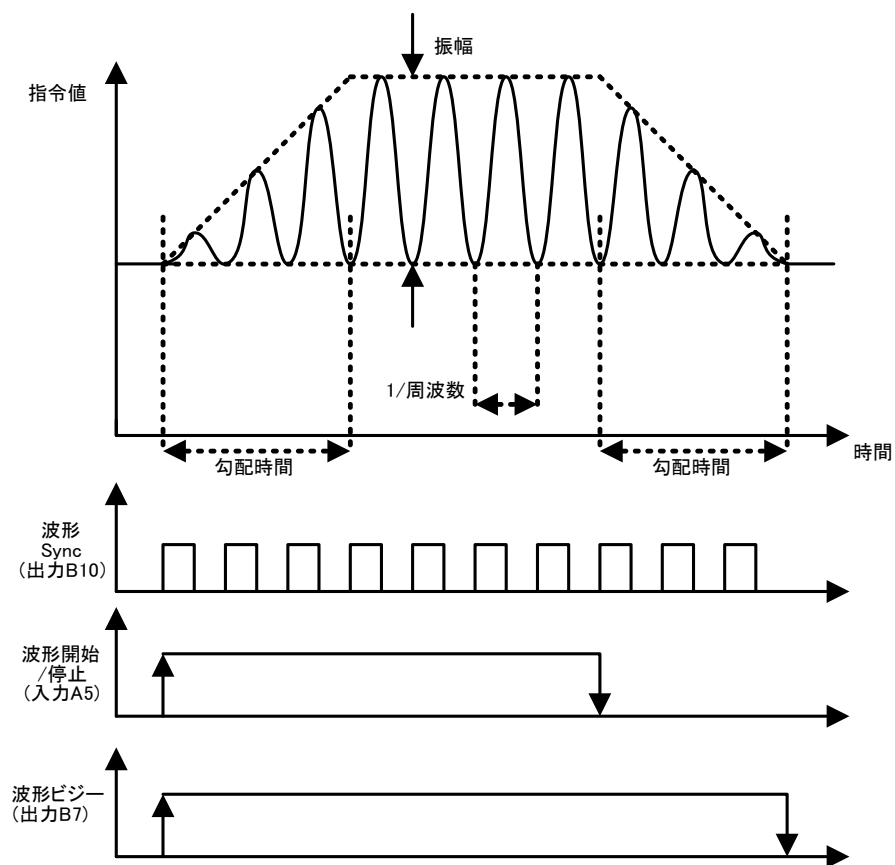



図 6-3 波形の開始と停止（-COS 自由サイクル勾配の場合）

7 運転

7.1 試運転

フィードバック制御の試運転に際しては、以下の手順に沿って安全に十分配慮して行ってください。

危険

配線が誤っていた場合に予期せぬ動作をして作業者が怪我をしたり、機器が破損するなど、重大な事故につながる恐れがあります。また、I-SAC MX は電源を投入してから約 1 秒間の起動時間中、制御出力は不定となります。

1. 配線をご確認ください。使用する信号ソース（アナログ/ディジタル）によって**配線が異なりますので仕様を再確認してください。**

配線については 5.3「外部接続図」をご覧下さい。

2. I-SAC MX2 の電源を投入し、電源 LED が点灯するのを確認後、I-SAC MX2 と PC とを USB ケーブルで接続し、必要となるドライバおよび設定ソフト「I-SAC Terminal」をインストールしてください。

ドライバおよび「I-SAC Terminal」のインストールは 6.1.1Windows™ドライバと設定ツールのインストール”をご覧下さい。

3. PLC 等の上位機器、およびフィードバックセンサの電源を投入します。

注意

I-SAC MX2 の電源の投入/遮断は、最低 5 秒以上の間隔をあけてください。連続して行うと、誤動作する場合があります。

4. 指令およびフィードバックの「信号のソース」、「パルスタイプ」、「レンジ」を設定します。さらに「前進ジョグ出力」「後退ジョグ出力」をそれぞれ 10%、-10%程度に設定し、**I-SAC MX2 へ送信**してください。パラメータの詳細は 6.2「I/O 信号の設定」をご覧下さい。

5. 「I-SAC Terminal」のフルモニタを開始し、「DIO」画面にて、出力の「正常起動」チェックが ON になっていることを確認してください。

6. ホストコントロールのチェックを ON にし、すべての入力チェックを OFF にしてください。

7. 指令信号を確認します。
   - アナログ入力の場合
     アナログコネクタに接続されている指令電圧/電流を指令の「最小値」から「最大値」へと変化させ、モニタ指令値が 0%から 100%に変化することを確認してください。
   - ディジタル入力の場合
     最初にモニタで指令値が 0%になっていることを確認します（なっていない場合は CCLR 入力をアクティブにしてください)。「パルスタイプ」で設定したパルス（CW/CCW、フィードパルスなど）を上位機器から入力してください。「カウンタスケール」に相当するパルスを入力し、指令値が 100%となることを確認してください。

   上記のとおりにならない場合は以下の点を確認してください。
   - 配線を再度確認してください。差動入力型/オープンコレクタ型により配線が異なります。
   - 入力仕様に応じたパラメータに設定されているか確認してください。パラメータ編集後は必ず I-SAC に送信してください。
   - 指令値が外部の機器から正しく出力されていることを確認してください。アナログ入力の場合はテスターなどで計測します。エンコーダ入力の場合は、指令パルス信号を市販のパルスカウンタへ接続するか、オシロスコープで波形を観察してパルスが正しく出力されていることを確認してください。

8. 手順 6 に示したように、すべての「入力」チェックが OFF となっていることを再度確認して動力の電源を ON にします。油空圧機器の場合はバルブへ圧力を供給してください。

9. フィードバック信号を確認します。モニタを開始し、「ホストコントロール」チェックを ON とし、さらに「前進ジョグ」チェックを ON とし、フィードバック値が下記のとおり変化することを確認してください。
   確認事項は以下のとおりです。

   - 位置決め制御の場合
     フィードバック値が徐々に**大きくなって**ゆくことを確認してください。また、実際の位置とフィードバック値が適切に対応していることを確認してください。

   - 圧力制御の場合
     フィードバック値が**正の値**でほぼ一定となることを確認してください。

   上記のとおりにならない場合、以下の点を確認してください。
   - 配線を再度確認してください。差動入力型/オープンコレクタ型により配線が異なります。
   - フィードバックセンサ出力が正しく出力されていることを確認してください。
   - 接続機器に動力が供給されていることを確認してください。

- スムーズに変化するが方向が逆である場合、フィードバック系の極性が逆になっている可能性があります。フィードバック値の「レンジ」の最大値と最小値を入れ替える（アナログ入力の場合）か、カウンタスケールの極性を逆にして（エンコーダ入力の場合）ください。
- I-SAC MX2 出力のヌルと接続装置のヌル入力が一致していない可能性があります。「出力レンジ」の最小値と最大値の平均（-10 と 10 であれば 0）が接続機器のヌル入力になっていなければなりません。
- バルブ等の入力オフセット等により完全にはヌル入力にはならない、あるいは摩擦等により機器が動きにくい場合がありますので「前進ジョグ出力」を大きくしてみてください。
- 複数回の試行で、同じ値にならない場合には信号線にノイズが重畳している可能性があります。配線を見直してください。

10.「前進ジョグ」を解除してください。

11. 位置決め制御の場合、手順 0 と同様に、「後退ジョグ」チェックを ON としてフィードバック値が徐々に小さくなってゆくことを確認してください。

12. 続いて，制御系の調整を行います。7.2 節をご覧下さい。

7.2　サーボ調整

 危険	調整を行う前に、必ず 6.2「I/O 信号の設定」および 7.1「試運転」を行ってください。配線および設定が誤っていた場合に予期せぬ動作をして作業者が怪我をしたり、機器が破損するなど、重大な事故につながる恐れがあります。

7.2.1　調整の全体的な指針

I-SAC MX2 はその制御アルゴリズムに単純適応制御を応用した画期的なサーボコントローラですが、調整パラメータによっては十分な能力を発揮できない場合や、システムが発振する場合がありますので、動力を即座に停止することができるように全体システムを設計するようにしてください。

次項以下に述べるのは I-SAC MX2 を単純適応制御として動作させるためのパラメータ調整の指針です。調整は最初、以下のように安全側から始めます。

- まず「安定度(IG)」を大きめに設定してください（調整値の目安は次項以下を参照してください）
- 「極(T_1)」を小さく設定してください。
- 「ゲイン(KE)」を徐々に大きくしてゆきます。大きくする際には 10%程度ずつ増加させると、ハンチングが生じますので、ハンチングが生じない程度に調整を行います。
- いくら「ゲイン(KE)」を大きくしても応答が改善されず、ノイズなどによりビビリが生じる場合には、ビビリがなくなるまで「ゲイン (KE)」を下げ、「安定度 (IG)」を下げます。これも 10%程度ずつ小さくするようにしてください。
- さらに応答性を早くしたい場合には「規範モデル」の「時定数(Tm)」を小さくします。「適応ゲイン変化率(GP_1, GP_3, GP_4)」を大きくしてみてください。
- 定常偏差が残る場合には「積分ゲイン(KI)」を調整してください。ただし、これは「ゲイン (KE)」を十分に調整した後に行ってください。

7.2.2 安定度の調整

「安定度(IG)」はフィードバックシステムの安定性を左右するパラメータのひとつです。「安定度(IG)」を大きくすると、システムはより安定になりますので制御対象の変化（負荷の変化、摩擦、経年変化など）の影響を小さくすることができます。その反面、値が大きすぎると、他のパラメータを変更しても所望の応答が得られず定常偏差が大きくなるなどの現象が生じます。
一般的なアプリケーションでは以下のような設定を行ってください。

[設定例]

アプリケーション	「安定度(IG)」設定の目安
油圧シリンダを用いた位置決め制御	5～30
モータとボールねじを組み合わせた位置決め制御	1～5

[詳細な説明]
「安定度(IG)」は単純適応制御における PFC のゲインです。PFC は制御対象に入力される操作出力の内部バイパスとなっていますので、「安定度(IG)」を大きくするとバイパス量が増え、その結果制御対象の動作の変動が相対的に小さくなり、いくらフィードバック「ゲイン(KE)」を大きくしても絶対に不安定にならないフィードバックシステムになります（これを ASPR 性と呼びます）。ASPR 性を満たすためには「安定度(IG)」には制御対象の定常ゲイン（直達ゲイン）以上の値を設定します。
このような状態でフィードバック「ゲイン（KE)」を大きくすると、従来の PI 制御では得られなかった安定性と応答性を両立することが可能となりますが、「安定度(IG)」が大きすぎると制御対象のフィードバックが操作出力に反映されなくなりますので、応答性が悪くなります。また、圧力制御あるいはシリンダの摩擦やバルブの不感帯が大きい場合には定常偏差が残ります。逆に「安定度(IG)」を 0 にすると PFC の効果が 0 となってしまい、単純適応制御としての働きをしなくなります。以上より、応答を見ながら調整を行う際には「所望の応答が得られるなかでできるだけ大きく」を心がけてください。

7.2.3 極の調整

「極(T_1)」は「安定度(IG)」と同様にシステムの安定性を左右するパラメータです。「極(T_1)」を小さくするほどシステムを安定にすることができますが、小さすぎると応答性が悪くなることがあります。設定値は制御対象の「固有振動数の逆数」としますが、一般的なアプリケーションでは以下の値を推奨します。

[設定例]

アプリケーション	「極(T_1)」設定の目安
油圧シリンダを用いた位置決め制御	0.001 ～0.05
モータとボールねじを組み合わせた位置決め制御	0.05 ～ 0.3

[詳細な説明]

「極(T_1)」はその逆数が PFC のカットオフ周波数に相当します。例えば 設定値を T[sec]にした場合、カットオフ周波数は 1/T [Hz]となり、カットオフ周波数以上の応答には PFC が効かなくなります。制御対象に高次の極があったりむだ時間が大きい場合には T_1 の値を小さくします。

7.2.4 フィードバックゲインの調整

「ゲイン(KE)」は比例制御における比例ゲインに相当します。この値を大きくすることで、追従性が改善されまた定常偏差も小さくなりますが、大きすぎるとハンチングを起こしたり最悪の場合にはシステムが発振してしまいます。応答を見ながら調整を行う必要がありますが、最初は以下のパラメータにして応答を観察してください。

[設定例]

アプリケーション	「ゲイン(KE)」設定の目安
油圧シリンダを用いた位置決め制御	3 ～20
モータとボールねじを組み合わせた位置決め制御	10 ～ 30

[詳細な説明]

「ゲイン(KE)」を大きくすることで以下の特性を改善できます。

- 指令に対する応答がはやくなる
- 定常偏差が小さくなる（位置決め精度が向上する）
- 外乱（制御対象にかかる外力による乱れ）を抑制する

“7.2.2 安定度の調整”の説明にありますように、適切な「安定度(IG)」および「極(T_1)」の設定により、フィードバックシステムは強力な安定の状態（ASPR）にすることができますが、実際のシステムにはフィードバックセンサに含まれるノイズや制御対象の非線形性などの要素があるため、無限にフィードバックゲインを大きくすることはできません。また、ASPR 性が確保されていても、一般的にはハードウェアの応答（バルブ、シリンダ、そしてセンサも含む）に限界がありますので、フィードバックゲインを大きくしても応答の改善に限界があります。

7.2.5 規範モデルの設定

I-SAC MX2 では、ステップ指令に対し内部で下図に示すような実現可能な応答波形を生成し、これに追従するように制御対象をコントロールします。

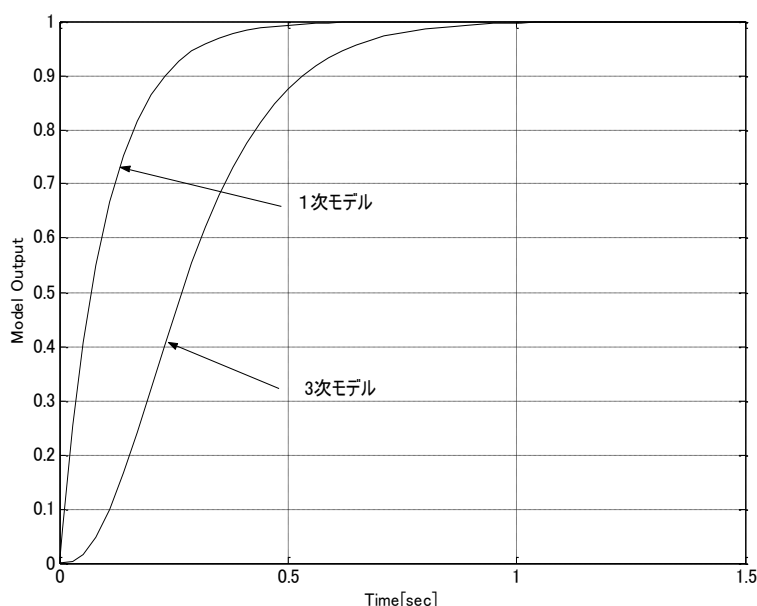



図 7-1 規範モデルの次数による違い

この応答波形を生成する部分は規範モデルと呼ばれ、「時定数(Tm)」を変更することにより波形を調整することができます（I-SAC MX2 は、ユーザの指令をこの規範モデルに通した指令にフィードバック値を一致させるように動作します）。ただし、いくらモデルの応答を早くしても制御対象の能力以上の応答はできません。逆に、十分に早い制御対象を制御しても「時定数(Tm)」が大きいと（規範モデルの応答波形がゆっくりだと）得られる結果は規範モデルの応答波形程度となってしまいますので、制御対象の能力を考慮して調整をおこなってください。ステップ指令に対して規範モデルの出力はモデルの次数によって以下のように異なります。

時定数 = Tm [sec]としたとき、

- 規範モデルの次数が 1 次の場合、指令目標値の約 60%に達するまで Tm[sec]
- 規範モデルの次数が 3 次の場合、指令目標値の約 60%に達するまで(3×Tm)[sec]

規範モデルの次数の選定は、制御対象がピーキーである（ダンピングが小さい）場合には 3 次モデル、そうでない場合には 1 次モデルを推奨します。

7.2.6 適応ゲイン変化率の調整

適応ゲインは単純適応制御の特徴の一つで、偏差や指令の入力によって適応的にフィードバックゲインを増減させる機能です。
適応ゲインには3つの種類があり、それぞれ以下のようになっています。

- 偏差が大きいと大きくなる偏差ゲイン（指令の変化に対する追従と外乱に対する抑制に効果）
- 指令速度が大きいと大きくなるモデル速度ゲイン（指令の変化に対する追従に効果）
- 指令加速度が大きいと大きくなるモデル加速度ゲイン（指令の変化に対する追従に効果）

これらのゲインの増減率を設定するのがそれぞれ「偏差(GP_1)」、「モデル速度(GP_3)」および「モデル加速度(GP_4)」となっています。
これらはシステムの過渡状態（指令を変更した場合や、外乱により偏差が生じた場合）に速やかに偏差を小さくするためのパラメータですが、定常偏差を小さくする効果はありません。

[簡単な設定例]
まず「安定度(IG)」によりシステムが十分に安定にする必要があります。さらに「ゲイン(KE)」により応答がほぼ期待通りとなった状態で調整を行います。最初は「偏差(GP_1)」を 「ゲイン(KE)」の値の 1/10 にします。「モデル速度(GP_3)」は「偏差(GP_1)」の 1/10、「モデル加速度(GP_4)」は「偏差(GP_1)」の 1/100 程度にするとよいでしょう。ただし、規範モデルの次数が1次の場合には「モデル加速度(GP_4)」は無効です。

7.2.7 追加積分、比例ゲインの設定

「積分ゲイン(KI)」はフィードバック「ゲイン(KE)」を十分に大きくしても定常偏差が残る場合に利用します。「積分ゲイン(KI)」はI-SAC MX2内部の積分の積分器のゲインに相当しますので、バルブのゼロ点のずれや経年変化による定常偏差を減らす効果が得られます。「積分ゲイン(KI)」の値を大きくすると定常偏差を減らす効果が大きくなりますが、大きすぎるとハンチングが発生します。また、I-SAC MX2 における積分器は偏差の絶対値が設定された範囲に入ると積分を開始し、範囲を外れると積分動作を停止します。動作範囲は、「ストライクゾーン(STR)」（下限）～「積分範囲(IWD)」（上限）で設定します。動作範囲を偏差0[%]（ストライクゾーン） ～ 100[%]（積分範囲）にすると常に積分機能が働きます。

[設定例]

アプリケーション	「積分ゲイン(KI)」設定の目安	「ストライクゾーン(STR)」設定の目安	「積分範囲(IWD)」設定の目安
油圧シリンダを用いた位置決め制御	5 ～ 20	0～1 %	5%
モータとボールねじを組み合わせた位置決め制御	10 ～20	0～1 %	5%

[詳細な説明]

「積分範囲(IWD)」は、誤差が十分に小さくなったときに積分を動作させることになりますので、通常の積分動作よりも位相遅れが少なく、ハンチングを起こしにくい性質となっています。また、「ストライクゾーン(STR)」を0%とした場合には、偏差が0となるまで永続的に操作出力を増減することになりますから、デッドゾーンが比較的大きいバルブを使った位置決めシステムでは、指令値付近で往復する（リミットサイクル）現象が生じます。往復幅が所望の位置決め精度以下であり、なおかつ位置を止めたい場合には、「ストライクゾーン(STR)」に0%以上の値を入力することにより、偏差が一定以下になったときに積分動作を止めることが可能となります。この場合の定常偏差はバルブの不感帯に依存しますので、定常偏差を小さくするためにはバルブの選定を見直すか、後述の「出力補償」パラメータを調整して下さい。

7.2.8 局所フィードバックの設定

局所フィードバックの「速度ゲイン(KV)」、「加速度ゲイン(KA)」は制御対象の速度および加速度に対してフィードバックをかけることにより、より制御しやすい特性へ変化させることができます。主に空圧システムの様に剛性が小さい場合にこれらのパラメータを利用することにより応答を改善することが期待できますが、定常偏差を改善することはできません。
また、フィードバックする速度/加速度はフィードバック値を微分して得られたものとなっていますので、ノイズによる影響を減らすために微分の前段に 1 次のローパスフィルタを挿入しています。「フィルタ時定数(TF)」はそのカットオフ周波数を決めます。カットオフ周波数は 1/T_f [Hz] (T_fは設定したフィルタ時定数)となります。T_fをあまり小さくしすぎるとフィードバック系がノイズの影響を受けやすくなりますので注意してください。

[設定例]

アプリケーション	「速度ゲイン(KV)」設定の目安	「加速度ゲイン(KA)」設定の目安
空圧シリンダを用いた位置決め制御	0～0.01	0～0.001

7.2.9 ディザの設定

ディザ信号は摩擦の影響が無視できない制御対象に対して付加することで動作をスムーズにし、且つ定常偏差を減らす効果が期待できます。「出力」は「I/O 信号の設定」の操作出力スケールに対する割合でその振幅を設定し、「周波数」でその周波数を設定します。出力量（出力電圧/電流）は以下の式で算出されます。簡単のため出力量が電圧の場合について説明します。
出力電圧 [V] = (Omax - Omin)/2 × N /100
Omax: I/O パラメータの「出力レンジ」の「最大」 [V]
Omin: I/O パラメータの「出力レンジ」の「最小」 [V]
N:ディザ「出力」パラメータ値 [%]
例えば、操作出力のスケールが -10[V] ～ 10[V]の場合、「出力」を 5[%]と設定すると、出力ヌルを中心として(10-(-10))/2 × 5/100 = 0.5 [V]の振幅の方形波が、サーボ ON 時の操作出力に無条件に重畳されます。ディザ出力を出力ヌルに対してオフセットさせることはできません。

7.2.10 出力補償の設定

出力補償は不感帯が無視できないバルブを使用する場合に有効となる機能です。出力補償を行うにはまずバルブの不感帯の幅を知る必要がありますので，前進ジョグ機能を利用して操作出力の何%でシリンダが動き始めるかを調べてください。この値を「出力量(OJ)」パラメータに設定します。重畳の方法はシグモイド関数を利用して行われます。

操作出力信号は以下の式に従って算出補正されます。

$$Uo = \frac{(OJ + \sigma)U}{|U| + \sigma} + U$$

Uo：補正された操作出力
OJ：パラメータ（出力幅）
σ：パラメータ（シグマ）
U：オリジナルの操作出力

図 7-2、図 7-3 に示すように、σ が小さいほど追加補正量が急峻に立ち上がります。また、OJ が大きいほど重畳量が多くなります(デッドゾーンが大きいバルブに対応します)。

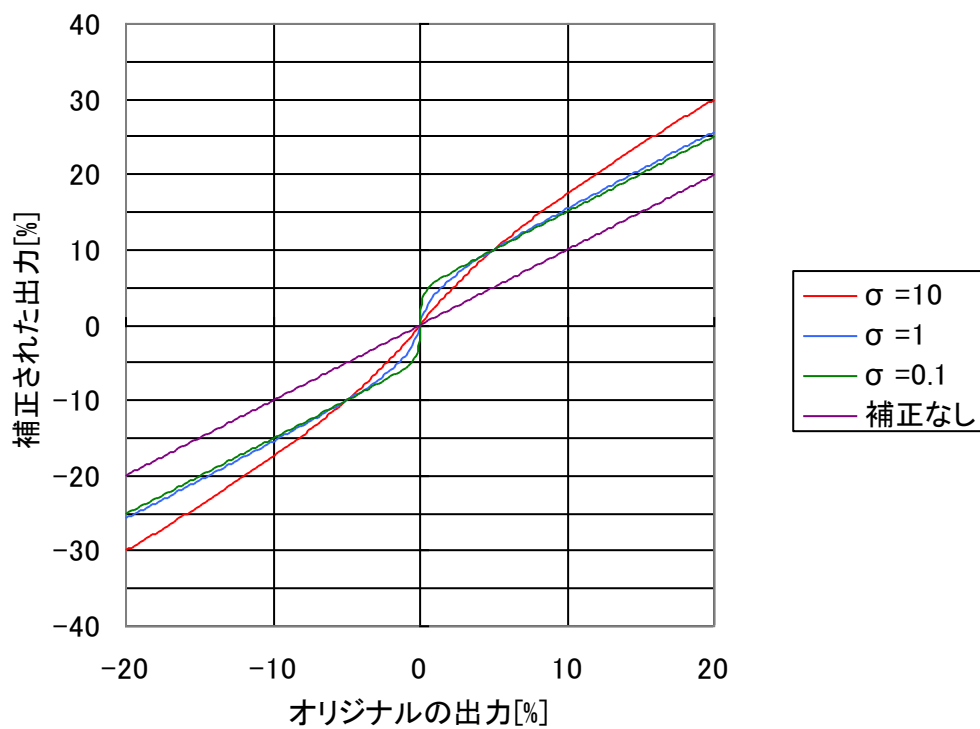



図 7-2 OJ=5[%]のときのシグモイド関数出力補償の例

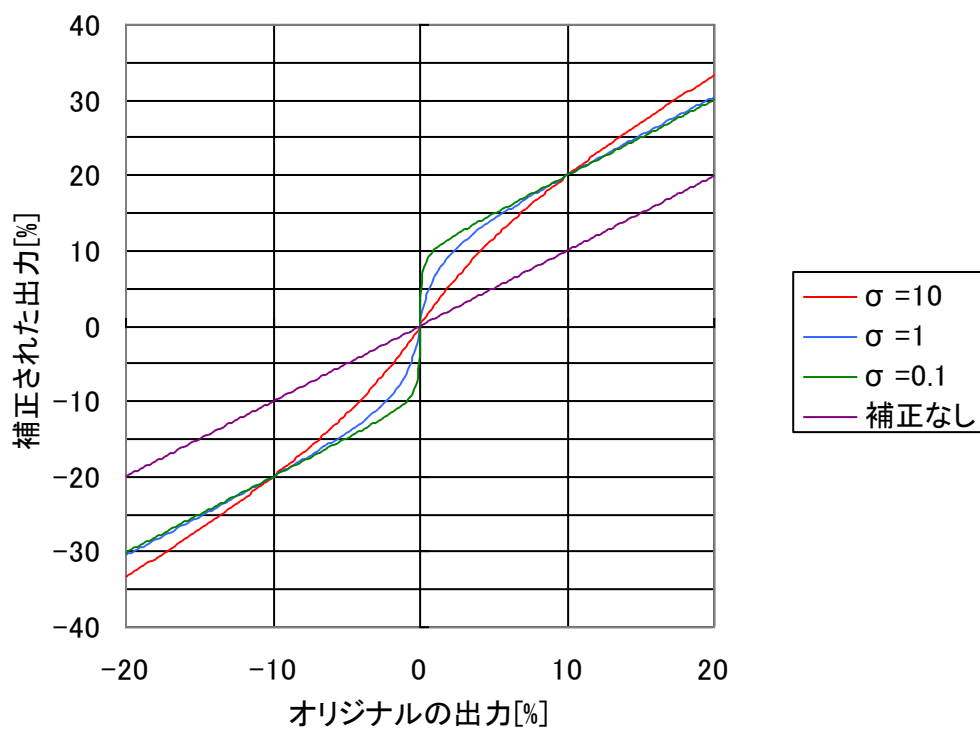



図 7-3 OJ=10[%]のときのシグモイド関数出力補償量の例

7.2.11 PI コントローラとして使う場合

I-SAC MX2 を PI コントローラとして使う場合には、以下のように設定してください。

ゲイン(KE)	P ゲインとして設定
積分ゲイン(KI)	I ゲインとして設定
ストライクゾーン(STR)	0[%FS]
積分範囲(IWD)	100[%FS]
安定度(IG)	0
適応ゲイン変化率(GP_1, GP_3, GP_4)	すべて 0

8 保守

8.1 エラー

I-SAC MX2 内部に保存されているパラメータの読み出しに失敗するか、何らかの要因でプログラムが正常に駆動できなくなると、システム異常となり汎用入出力コネクタの GREEN 信号がインアクティブになると同時に操作出力を強制的に 0（中点出力）にします。安全のため、電源を切るまで異常は解除されません。電源を再投入しても再び異常を検知する場合、「I-SAC Terminal」から、「I/O 設定パラメータ」、「サーボ設定パラメータ」、「モーションプログラム」の送信、および「軸プロパティ」から「軸の名前」等の変更を行い「OK」を押して「軸プロパティ」の送信を実行します。その後、電源を再投入しても異常が消えない場合には当社までお問い合わせください。

8.2 アラーム

I-SAC MX2 は、下表に示す異常状態を検出すると SERVO_ERR 信号または ALARM 信号がアクティブになります。(「ディジタル I/O 極性」の設定で「アラーム」極性を反転させている場合、LED は消灯します。詳しくは、”6.2.5 ディジタル I/O 極性”をご覧ください。) アラームを検出すると、安全のためにアナログ出力がアラーム時出力の設定値に切り替わり、アラームを解除するまで出力は保持されます。アラームの内容は、「I-SAC Terminal」の「フルモニタ」に表示されます。詳しくは「I-SAC Terminal」のヘルプをご覧ください。

アラーム内容	アラーム時出力	アラーム解除方法
偏差異常	サーボ異常時出力	SERVO 端子をインアクティブ
発振異常	サーボ異常時出力	RST 端子をアクティブ

- 偏差異常

サーボ ON 時、偏差の絶対値が「サーボ異常閾値」以上になった期間が「期間」継続すると偏差異常となり、汎用出力「SERVO_ERR」がアクティブになるとともに操作出力を「サーボ異常時出力」に切り替えます。RST 端子をアクティブにすることにより、アラームを解除します。なお、ホストコントロールモードでは偏差異常を検出しません。

- 発振異常

I-SAC に内蔵している OSM(Online Stability Monitor)によりシステムの不安定状態を検出すると、発振異常となります。異常時には汎用出力「ALARM」がアクティブになるとともに操作出力が「サーボ異常時出力」に切り替わります。RST 端子をアクティブにすることにより、アラームを解除します。アラームを解除しても**システムが再び不安定になる可能性があります。**サーボパラメータの変更を行うなど、システムが発振しないように変更の後、サーボ ON にしてください。

9 仕様

9.1 基本仕様

一般仕様	型式			I-SAC MX2	
	入力電源			DC 24V(±15%), 250mA	
	環境	使用周囲温度		0～+55℃	
		保存温度		-40～+85℃	
		使用湿度		20～95%RH 以下(ただし結露なきこと)	
	質量			1.1kg 以下	
入出力仕様	制御信号	アナログ	入力範囲	±10[V](電圧入力仕様時)	± 20[mA]（電流入力仕様時）
			分解能	16bit	
			入力インピーダンス	約 15kΩ	510Ω
		エンコーダ	最大周波数	5MHz	
			エンコード	CW/CCW、フィードパルス/方向、A/B 相 1/2/4 逓倍、SSI20bit(フィードバックのみ)	
		操作出力		±10V（電圧出力仕様時）	±50mA 負荷抵抗 200Ω以下（電流出力仕様時）
		分解能		16bit	
	シーケン	入力回路		フォトカプラ絶縁入力（5～24V）	
		信号		サーボオン、警告リセット、カウンタクリア、モーション起動など	
	シーケンス出	出力回路		オープンコレクタ出力（非絶縁）	
		信号		システム正常、アラーム、偏差異常、インポジション、粗一致、MCODE 信号	
制御機能	サンプリング周期			0.2msec/2ch	
	制御方式			単純適応制御（パラメータにより PI 制御）	
	追加補償機能			内部積分、局所フィードバック、ディザ(10～200Hz)、出力補正	
通信	通信方式			USB1.1	

表 9-1 主な仕様

9.2　外形寸法

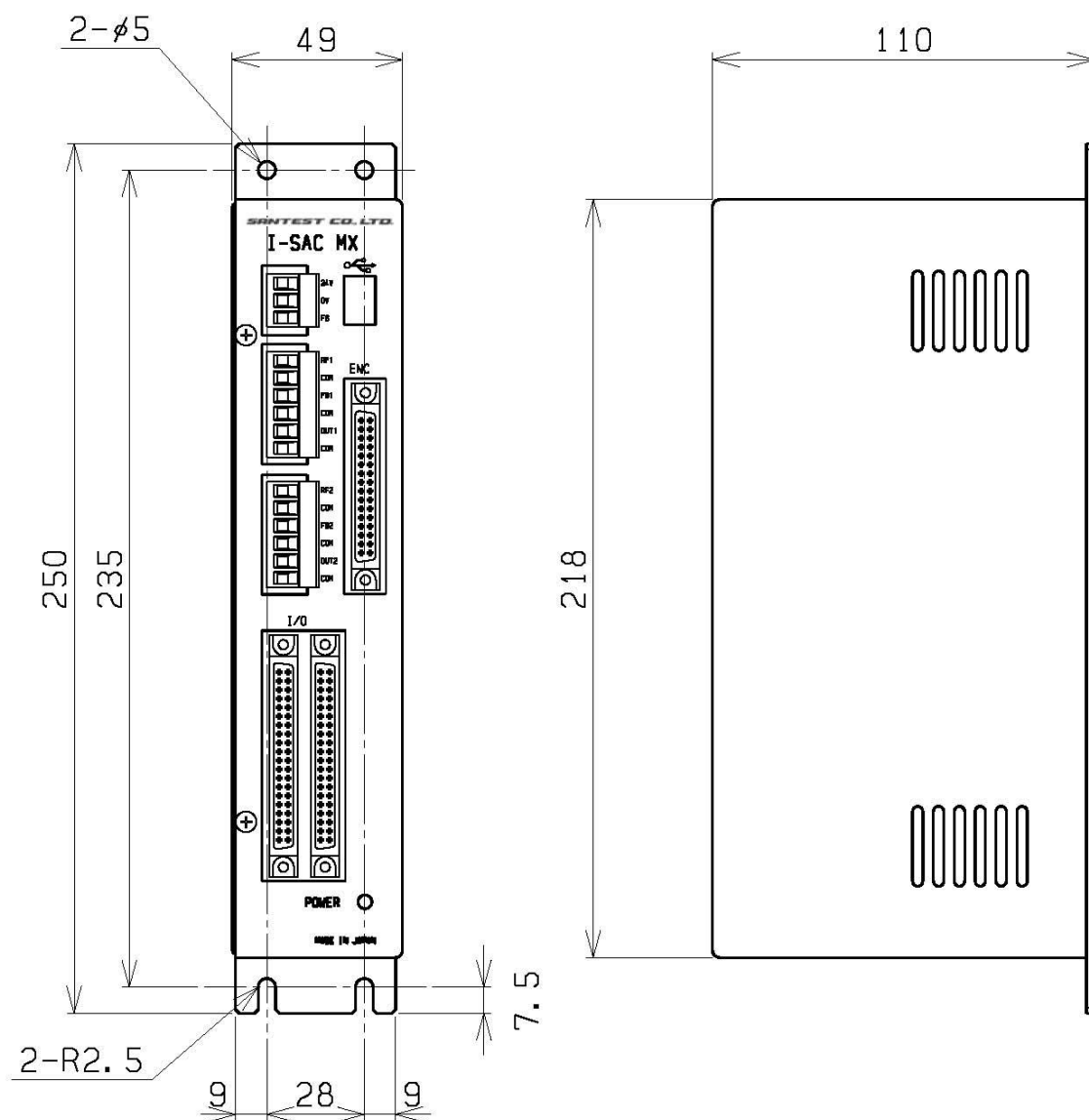



図 9-1 外形寸法図

9.3　入力回路

種別	対象端子	回路図
アナログ入力（電圧入力仕様時にはRは 30kΩ、電流入力仕様ではRは 820Ωになっています。）	RF1, RF2, FB1, FB2	
フォトカプラ入力（汎用入力、低速）	汎用入出力コネクタの入力端子すべて	
フォトカプラ入力（高速）	エンコーダコネクタの差動型の入力端子すべて	
フォトカプラ入力（高速）	エンコーダコネクタのオープンコレクタ型の入力端子すべて	

表 9-2 入力回路

9.4　出力回路

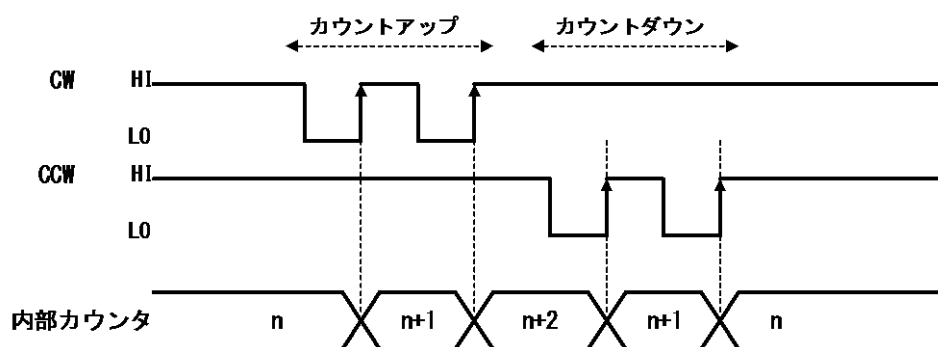
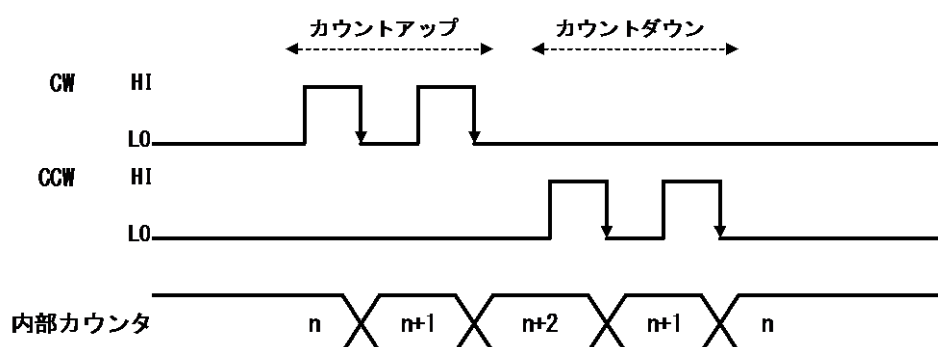
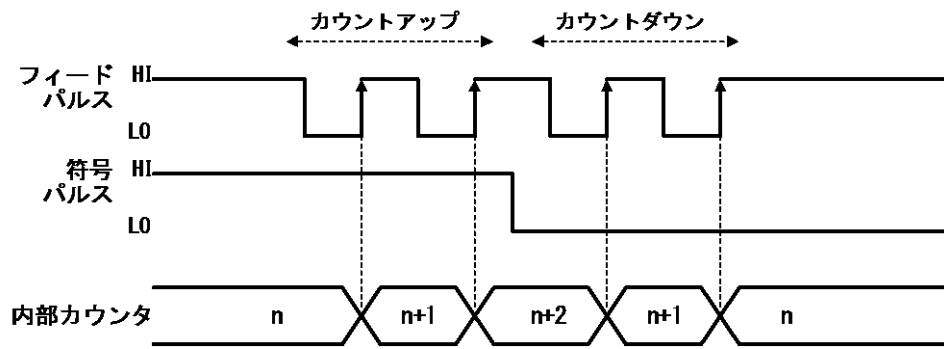
アナログ電圧出力	OUT1, OUT2 の電圧出力型の端子	
アナログ電流出力	OUT1, OUT2 の電流出力型の端子	
オープンコレクタ出力(低速)	汎用入出力コネクタの出力端子すべて(p.25 参照)	
SSI 差動出力	エンコーダコネクタの SSI_CK+, SSI_CK-	

表 9-3 出力回路

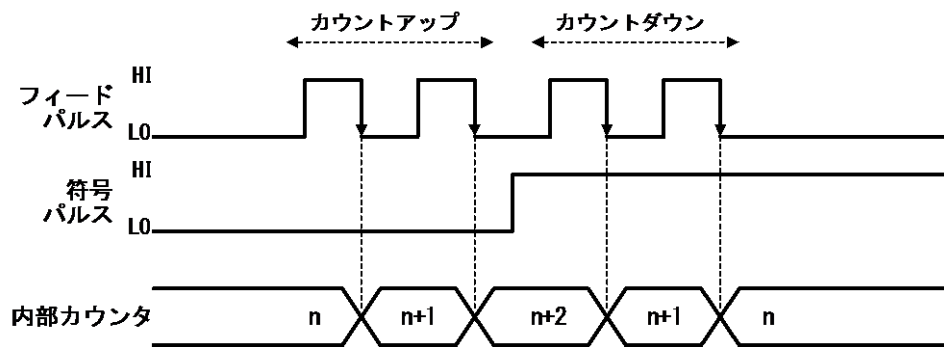
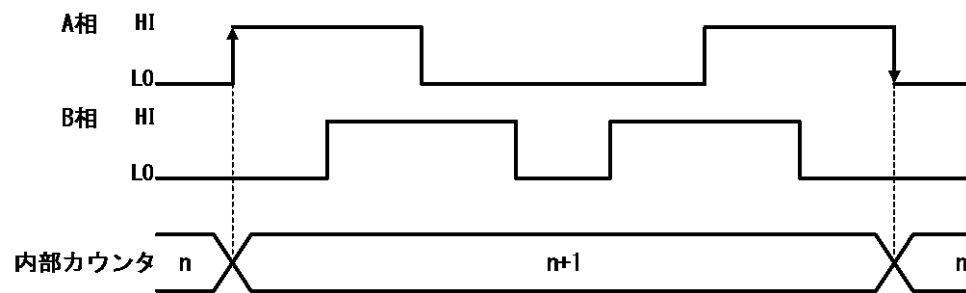
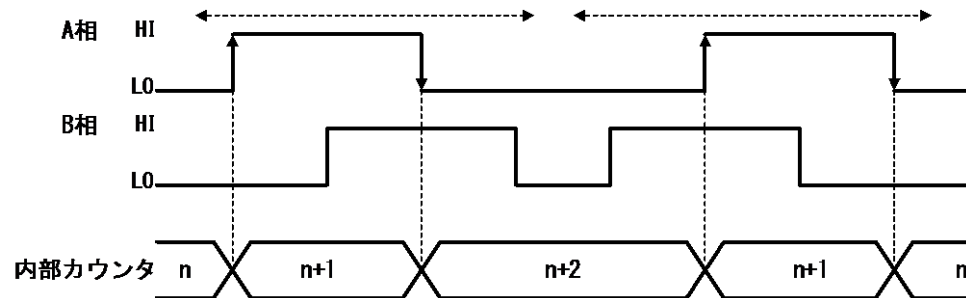
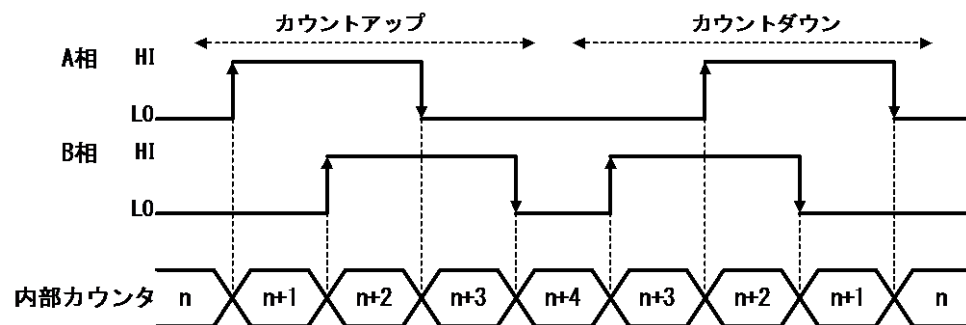
9.5　入力タイミング

9.5.1　パルスカウントタイミング概略

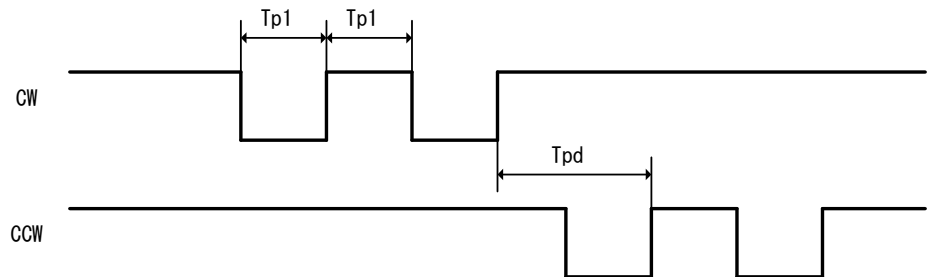
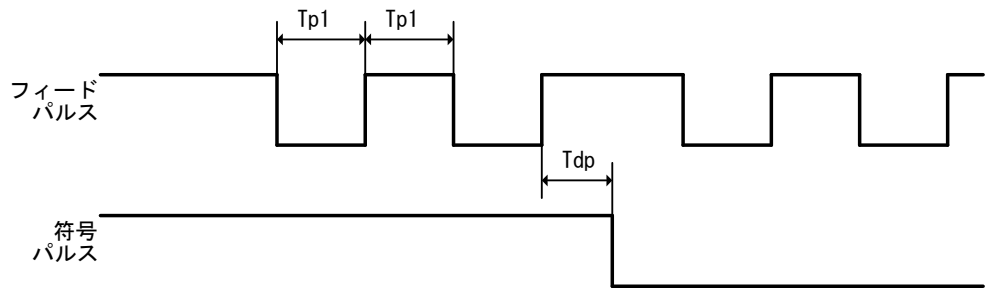
図においてHI状態はI-SAC内部フォトカプラがオンとなった状態を示しますので、差動ドライバの場合はHI状態、オープンコレクタの場合はユーザ側トランジスタONの状態に相当します。

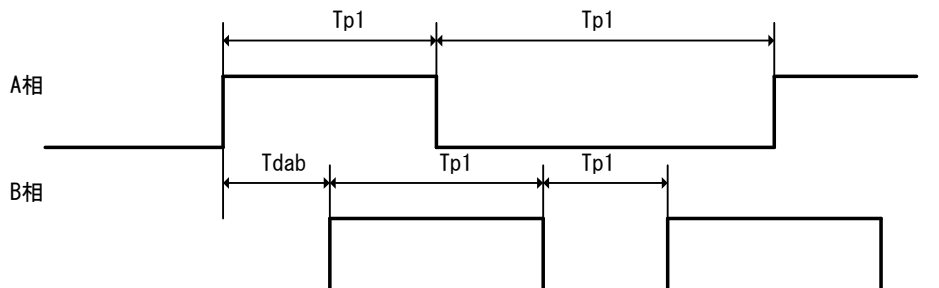
■　CW/CCW 正論理

■　CW/CCW 負論理

■　フィードパルス/方向符号 正論理

■　フィードパルス/方向符号 負論理

■　A/B 相 1 逓倍

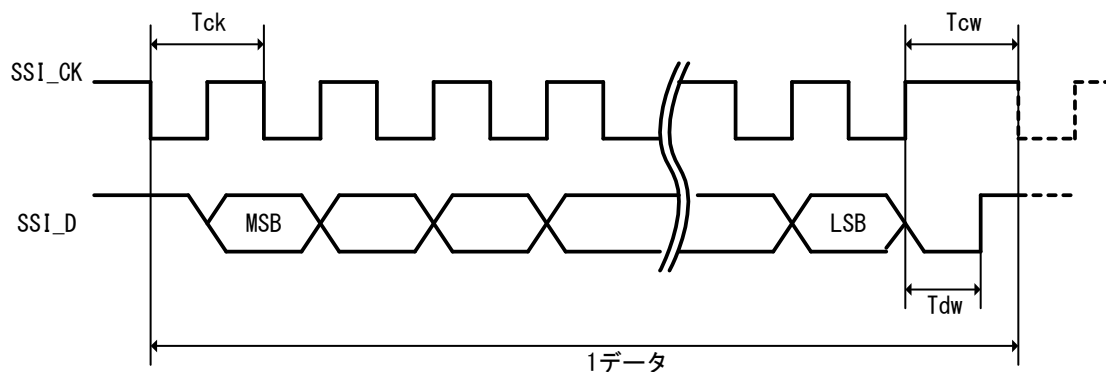
■　A/B 相 2 逓倍

■　A/B 相 4 逓倍

9.5.2 カウント入力タイミング

図において HI 状態は I-SAC 内部フォトカプラがオンとなった状態を示しますので、差動ドライバの場合は HI 状態、オープンコレクタの場合はユーザ側トランジスタ ON の状態に相当します。

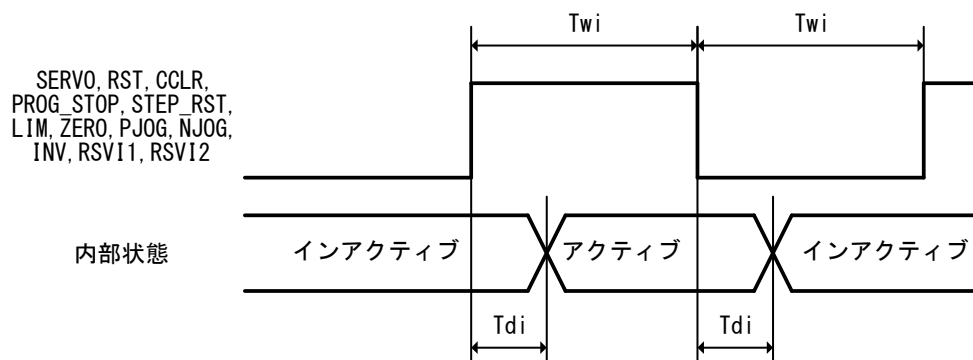
■ CW/CCW

■ フィードパルス/方向符号

項目		略号	MIN	MAX	単位
カウント H/L 時間	差動入力型	Tp1	100		ns
	オープンコレクタ型		2000		ns
方向信号切り替え処理時間	差動入力型	Tpd	100		ns
	オープンコレクタ型		2000		ns

■ A/B 相

項目		略号	MIN	MAX	単位
A/B 相信号幅	差動入力型	Tp1	100		ns
	オープンコレクタ型		2000		ns
A/B 相遅延時間	差動入力型	Tdab	50		ns
	オープンコレクタ型		1000		ns

9.5.3 SSI 入力タイミング

図において SSI_CK の HI 状態は差動出力の HI を示します。また、SSI_D の HI 状態は I-SAC 内部フォトカプラがオンとなった状態を示しますので、差動ドライバの HI 状態に相当します。データ長は最大 24bit まで入力可能です。

項目	略号	MIN	NOR	MAX	単位
SSI クロック周期	Tck	5.3	5.33	5.4	us
SSI クロック待ち期間	Tcw	30			us
SSI データ同期時間	Tdw			20	us

9.5.4 汎用入力タイミング

図において HI 状態は I-SAC 内部フォトカプラがオンとなった状態を示しますので、ユーザ側トランジスタ ON の状態に相当します。図では、入力極性は正論理の場合を示しています。負論理と設定した場合はインアクティブとアクティブが逆になります。

項目	略号	MIN	MAX	単位
汎用入力幅	Twi	0.5		ms
内部処理遅延時間	Tdi		0.2	ms

10 用語説明

- フィードバック系
  ある値を所望の値とさせることを目的とした「指令信号、コントローラ、操作出力、制御対象、フィードバック信号」から成るシステムを呼びます。閉ループ系とも呼びます。
- 指令信号
  フィードバック系における、制御量の目標値となる信号です。I-SAC MX2 はフィードバック信号を指令信号に速やかに誤差なく一致させます。
- フィードバック信号
  制御対象の出力値。一般的には位置決め制御におけるリニアセンサあるいは圧力制御における圧力センサの出力等がこれに相当します。
- 操作出力
  指令およびフィードバックから演算された、制御対象への操作出力を指します。I-SAC MX2 からのアナログ出力がこれに相当します。
- 制御対象
  フィードバック系における、制御したい機器を指します。具体的には I-SAC MX2 の操作出力端子からフィードバックセンサ出力まで（ドライバ, バルブ, シリンダ, リニアセンサ）を呼びます。
- 定常偏差
  制御状態において十分に時間が経ってもなくならない指令値とフィードバック値の差を指します。定常偏差が生じる原因としては駆動装置の摩擦やバルブの不感帯などが挙げられます。I-SAC MX2 では後述の積分機能を利用してこの定常偏差を 0 にすることができます。
- ハンチング
  制御対象が指令値に対して上下に振れて安定しない現象を呼びます。主な原因としてフィードバックゲインが大きすぎることが挙げられます。
- 単純適応制御
  単純適応制御（Simple Adaptive Control: SAC）は 1982 年に Sobel、Kaufman および Mebius によって提案され、その後 Bar-Kana らによって検討が進められたモデル規範型適応制御の一種です。
- PFC
  Parallel Feedforward Compensator の略称。単純適応制御におけるバイパス回路を指します。後述のパラメータ IG によりシステムの安定性を従来の PID 制御に比べ大幅に増大させることができます。

11 索引

I

O

P

U

あ

い

え

か

き

こ

さ

し

せ

そ

た

つ

て

と

に

は

ひ

ふ

へ

ほ

も

本資料に記載された製品は、極めて高度の信頼性を要する用途（医療機器、車両、航空宇宙機、原子力制御など）に対応する仕様にはなっておりません。そのような用途への使用をご検討の場合は事前に当社営業窓口までご相談下さい。

当社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、一般に電子機器は誤動作したり故障することがあります。当社製品をご使用いただく場合は、製品の誤動作や故障により、生命、身体、財産が侵害されることのないように、購入者側の責任において、装置やシステム上での十分な安全設計を行なうことをお願いします。

本製品の保証期間は納入後１年間といたします。万一、保証期間内に本製品に当社側の責による故障が発生した場合、ご返却いただいた製品を無償にて修理または代替品をお送りいたします。ただし、下記の場合は保証の範囲外とさせていただきます。

1. 不適当な条件、環境、取扱い、使用による場合
2. 納入品以外の原因による場合
3. 当社以外による改造または修理による場合
4. 当社出荷当時の技術では予見することが不可能な現象に起因する場合
5. 天災、災害などによる場合

また、ここでいう保証は納入された本製品単体の保証に限るもので、本製品の故障により誘発される損害は除外させていただくものとします。

I-SAC MX2 取扱説明書

2012 年　4 月 02 日　第 2 刷発行
発行所　サンテスト株式会社
〒554-8691　大阪市此花区島屋 4-2-51
TEL: 06(6465)5561　　FAX: 06(6465)5921

本書に記載の内容は、改良の為に予告なく変更することがあります。